TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Lansingerland
T.a.v. J. Hoekstra
Postbus 1
2650 AA / BERKEL EN RODENRIJS

DATUM	1 mei 2014
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0226103
BEHANDELD DOOR	David Klein Lenderink
TELEFOON DIRECT	026 373 12 52
E-MAIL	david.kleinlenderink@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	12

BETREFT Aanvraag omgevingsvergunning Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Hoekstra,

Hierbij ontvangt u een aanvraag voor omgevingsvergunning in het kader van artikel 2.1 en 2.2 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen). Om de hoogspanningsverbinding mogelijk te maken, is het noodzakelijk om de volgende activiteiten uit te voeren:

- **Bouwen** – de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (mast 101-112) en OSP 109 Kruisweg. Het fundament van mast 102 is uitgezonderd van deze aanvraag omdat de omgevingsvergunning hiervoor reeds op 18-12-2013 is verleend (met kenmerk: W-2013-0378 / U13.23375.) door uw gemeente. Het fundament is reeds gerealiseerd
- **Kappen** – ten behoeve van de aanleg van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV moeten twee esdoorns, een linde en een schietwilg worden gekapt
- **Uitrit** – definitieve aansluiting op de N209 vanaf OSP 109 Kruisweg
- **Strijdig gebruik** – Op vijf punten is er sprake van strijd met de regels voor ruimtelijke ordening:
  i. Ter ontsluiting van het Opstijgpunt Mast 109 is een definitieve toegangsweg voorzien welke niet in overeenstemming is met de vigerende bestemming
  ii. Het oliedrukhuisje is gesitueerd buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt
  iii. Het hekwerk rondom het opstijgpunt valt deels buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt
  iv. De kabels van de 150 kV tijdelijke hoogspanningsverbinding liggen deels buiten de bestemming Leiding - Hoogspanning II
  v. De aanleg van de tijdelijke werkwegen en werkterreinen geschiedt in strijd met de vigerende bestemmingsplannen: Rottezoom, Hoefweg-Noord (Prisma) & Hoefweg-Zuid (Bleizo)

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 en 2.2 de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is op grond van artikel 20c 2 Elektriciteitswet door de minister bepaald dat omwille van stroomlijning en versnelling de rijkscoördinatieregeling uit de Wet ruimtelijke ordening van toepassing is (artikel 3.35). Hierbij is de minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie.

In verband daarmee heeft de minister van Economische Zaken mij gevraagd het volgende op te nemen in deze aanvraag:

1. Ingevolge de rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan de minister van Economische Zaken.
2. TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
3. U wordt verzocht het ontwerpbesluit en later ook het besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit doorzenden naar TenneT.

De volgende bijlagen maken onderdeel uit van deze aanvraag:

0. Aanvraagformulier omgevingsvergunning
1. Tracékaart Randstad 380 kV Noordring – Bleiswijk – Zuidelijke Ringvaart
2. Situatietekening met kadastrale aanduiding
3. Lengteprofielen Randstad 380 kV Noordring
4. Gegevens strijdig gebruik
5. Constructietekeningen en berekeningen masten Randstad 380 kV
6. Constructietekening en berekeningen mastfundaties Randstad 380 kV
7. Constructietekeningen en berekeningen OSP
8. Werkterreintekeningen masten 101-112 Randstad 380 kV
9. Bomeninventarisatie
10. Ruimtelijke onderbouwing – OSP 109 Kruisweg
11. Logistiek plan

Een volledig overzicht van de vergunningsgegevens vindt u ook op het bijgevoegde bijlagenoverzicht.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoeken wij u op korte termijn contact met ons op te nemen (zie aanhef brief voor contactgegevens). Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met dhr. M.C. Bernardina van Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 6530.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

J. (Jaap) ter Haar
Clustermanager

Overzicht bijlagen:

#	Bijlage	Kenmerk
0	Aanvraagformulier omgevingsvergunning	-
1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring – Bleiswijk – Zuidelijke Ringvaart	VKT5.0 12-02-2014
2	Situatietekening met kadastrale aanduiding	VKT 5.0 11-02-2014
3	Lengteprofiel Randstad 380 kV Noordring	30813059-50-13 VKT 5.0 -10-11
4	Gegevens strijdig gebruik *Ruimtelijke onderbouwing strijdig gebruik* – *Definitieve toegangsweg OSP 109* – *Tijdelijke werkwegen en werkterreinen* *Overzicht bestemmingsplannen* *Situatietekeningen tijdelijke werkwegen en werkterreinen in relatie tot bestemmingsplannen*	 Overzicht BP GLL VKT 5.0 29-04-2014
5A 5B	Constructietekeningen en berekeningen masten *Mastenlijst gemeente Lansingerland* *W2E350+5* *W2H400+10* *W2H400+5* *W2S400+5* *W4H400ZA+10* *W4S400Z+5*	 Mastenlijst GLL MS20120025/01 MS0004/08 MS20120025/06 MS20120025/10 MS004/15 MS0004/05
6	Constructietekening en berekeningen mastfundaties *Tekeningen mastfundaties* *Berekeningen mastfundaties* *Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties* *Bepaling belastingen op mastfundaties*	 R3N-TEK-0019 t/m 23 R3N-OWR-0003 t/m 0007 R3N-OWR-0008 R3N-OWR-0033
7	Constructietekeningen en berekeningen OSP 109 *Ontwerprapport zettingen permanente toegangswegen* *Ontwerprapport zettingen OSP's* *Inrichting OSP bij mast 109* *Constructieberekening fundaties OSPs* *Aanzichten opstijgpunten*	 R3N-OWR-0010 R3N-OWR-0011 R3N-TEK-0042 R3N-OWR-0034 R3N-TEK-0136
8	Werkterreintekeningen, wegen en uitritten *Overzichtstekening werkterreinen* *Opbouw bouwwegen*	 R3N-TEK-0013 t/m 15 R3N-TEK-0029
9	Bomeninventarisatie *Inventarisatie bomen omgevingsvergunning kappen* *Notitie bomen kappen gemeente Lansingerland*	 R3N-LST-0013 R3N-MEM-0003
10	Ruimtelijke onderbouwing – OSP 109 Kruisweg *Ruimtelijke onderbouwing 380 kV opstijgpunten*	 RO-ROB-870.008.01-O02

	Toegangsweg M71 naar OSP 109	R3N-TEK-0098
11	Logistiek plan	R3N-PLA-0004

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Lansingerland
T.a.v. J. Hoekstra
Postbus 1
2650 AA / BERKEL EN RODENRIJS

DATUM	30 juli 2014
ONZE REFERENTIE	000.007.40.0263804
BEHANDELD DOOR	David Klein Lenderink
TELEFOON DIRECT	026 373 12 52
E-MAIL	david.kleinlenderink@tennet.eu

BETREFT Overzicht aanvullingen aanvraag omgevingsvergunning Randstad 380 kV (Bleiswijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Hoekstra,

Op 5 mei 2014 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor de realisatie van een 380 kV hoogspanningsverbinding.

Ten aanzien van de ingediende omgevingsvergunning zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd. Het betreffen de volgende wijzigingen:

- Het document '*Notitie bomen kappen gemeente Lansingerland*' (R3N-MEM-0003) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 9 van de aanvraag
- Het document '*Inventarisatie bomen omgevingsvergunning kappen*' (R3N-LST-0013) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 9 van de aanvraag
- De activiteit '*Weg aanleggen of veranderen*' is toegevoegd aan de aanvraag
- Het document '*Overzichtstekening blad 15 van 20*' (R3N-TEK-0099) is toegevoegd aan bijlage 8 van de aanvraag

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Indien u een nadere toelichting, verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

J. (Jaap) ter Haar
Clustermanager Randstad 380 kV

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Lansingerland
T.a.v. J. Hoekstra
Postbus 1
2650 AA / BERKEL EN RODENRIJS

DATUM	29 september 2014
ONZE REFERENTIE	000.007.40.0272352
BEHANDELD DOOR	David Klein Lenderink
TELEFOON DIRECT	026 373 12 52
E-MAIL	david.kleinlenderink@tennet.eu

BETREFT Overzicht aanvullingen aanvraag omgevingsvergunning Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Hoekstra,

Op 5 mei 2014 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor de realisatie van een 380 kV hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen).

Ten aanzien van de ingediende aanvraag zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd. De wijzigingen zijn doorgevoerd naar aanleiding van overleg met het Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard. De hieronder - in bijlage 8 van de aanvraag - genoemde documenten zijn gewijzigd. Wij verzoeken u om deze documenten te vervangen. Het betreffen alleen wijzigingen die van belang zijn voor het Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard. Deze wijzigingen betreffen dus geen vergunningplichtige activiteiten voor de gemeente Lansingerland. We verzoeken u wel om de nieuwe versie (versie 10.0) van deze documenten mee te nemen in het ontwerpbesluit omwille van de eenheid van alle samenhangende besluiten in het kader van de rijkscoördinatieregeling. Het betreffen de volgende wijzigingen:

- Het document *'Overzichtstekening, blad 14 van 20 (mast 112-109)'* (R3N-TEK-0013) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 8 van de aanvraag
- Het document *'Overzichtstekening, blad 16 van 20 (mast 107-015)'* (R3N-TEK-0014) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 8 van de aanvraag
- Het document *'Overzichtstekening, blad 17 van 20 (mast 104-101)'* (R3N-TEK-0015) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 8 van de aanvraag
- Het document *'Overzichtstekening, blad 15 van 20 (mast 109-108)'* (R3N-TEK-0099) is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 8 van de aanvraag

Tevens zijn de navolgende wijzigingen doorgevoerd in de aanvraag:

- De activiteit '*Strijdig gebruik – 150 kV tijdelijke hoogspanningsverbindingen*' maakt niet langer deel uit van de aanvraag
- Het document '*Opstijgpunt mast 109*' (VKT 5.0 23-09-2014)is toegevoegd aan bijlage 4 van de aanvraag
- Het document '*Oliedrukhuisje bij mast 109*' (R3N-TEK-0134) is toegevoegd aan bijlage 4 van de aanvraag
- Het document '*Specificatie hekwerken en poorten*' (SPE.04.002) is toegevoegd aan bijlage 4 van de aanvraag
- Het document '*Statistische ontwerpberekening W2E350+5*' is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 5 van de aanvraag
- Het document '*Mast type W4S400Z+5*' is aangepast ten opzichte van de eerder ingediende versie. De nieuwe versie is toegevoegd aan bijlage 5 van de aanvraag

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Indien u een nadere toelichting wenst, verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

Hoogachtend,

TenneT TSO B.V.

b.a.

J. (Jaap) ter Haar
Clustermanager Randstad 380 kV

GE1001DD.UN1008

Overzicht bijlagen:

#	**Bijlage**	**Kenmerk**
0	Aanvraagformulier omgevingsvergunning	-
1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring – Bleiswijk – Zuidelijke Ringvaart	VKT5.0 12-02-2014
2	Situatietekening met kadastrale aanduiding	VKT 5.0 11-02-2014
3	Lengteprofiel Randstad 380 kV Noordring	30813059-50-13 VKT 5.0 -10-11
4	Gegevens strijdig gebruik *Ruimtelijke onderbouwing strijdig gebruik* – *Definitieve toegangsweg OSP 109* – *Tijdelijke werkwegen en werkterreinen* *Overzicht bestemmingsplannen* *Situatietekeningen tijdelijke werkwegen en werkterreinen in relatie tot bestemmingsplannen* *Opstijgpunt mast 109* *Oliedrukhuisje nabij mast 109* *Specificatie hekwerken en poorten*	 Overzicht BP GLL VKT 5.0 29-04-2014 VKT 5.0 23-09-2014 R3N-TEK-0134 SPE.04.002
5A 5B	Constructietekeningen en berekeningen masten *Mastenlijst gemeente Lansingerland* *W2E350+5* *W2H400+10* *W2H400+5* *W2S400+5* *W4H400ZA+10* *W4S400Z+5*	 Mastenlijst GLL MS20120025/01 MS0004/08 MS20120025/06 MS20120025/10 MS004/15 MS0004/05
6	Constructietekening en berekeningen mastfundaties *Tekeningen mastfundaties* *Berekeningen mastfundaties* *Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties* *Bepaling belastingen op mastfundaties*	 R3N-TEK-0019 t/m 23 R3N-OWR-0003 t/m 0007 R3N-OWR-0008 R3N-OWR-0033
7	Constructietekeningen en berekeningen OSP 109 *Ontwerprapport zettingen permanente toegangswegen* *Ontwerprapport zettingen OSP's* *Inrichting OSP bij mast 109* *Constructieberekening fundaties OSPs* *Aanzichten opstijgpunten*	 R3N-OWR-0010 R3N-OWR-0011 R3N-TEK-0042 R3N-OWR-0034 R3N-TEK-0136
8	Werkterreintekeningen, wegen en uitritten *Overzichtstekening werkterreinen blad 14 van 20* *Overzichtstekening werkterreinen blad 15 van 20* *Overzichtstekening werkterreinen blad 16 van 20* *Overzichtstekening werkterreinen blad 17 van 20* *Opbouw bouwwegen*	 R3N-TEK-0013 R3N-TEK-0099 R3N-TEK-0014 R3N-TEK-0015 R3N-TEK-0029
9	Bomeninventarisatie *Inventarisatie bomen omgevingsvergunning kappen* *Notitie bomen kappen gemeente Lansingerland*	 R3N-LST-0013 R3N-MEM-0003
10	Ruimtelijke onderbouwing – OSP 109 Kruisweg *Ruimtelijke onderbouwing 380 kV opstijgpunten*	 RO-ROB-870.008.01-O02 R3N-TEK-0098

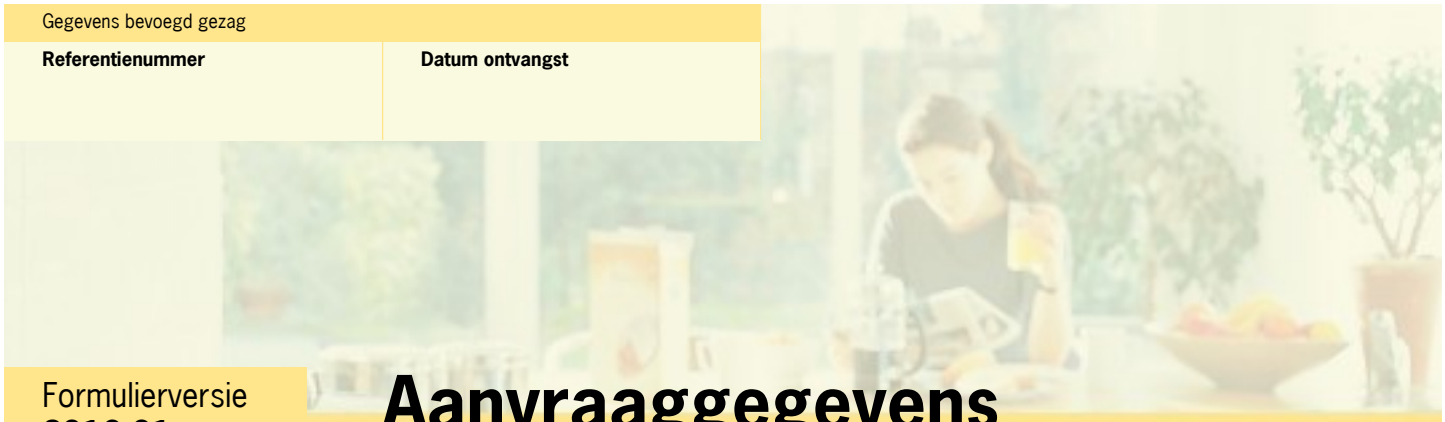
	Toegangsweg M71 naar OSP 109	
11	Logistiek plan	R3N-PLA-0004

Inhoudsopgave

0	Aanvraagformulier vergunning Provinciale Wegenverordening 2012
Bijlage 1	Tracékaart Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart-Vijfhuizen) VKT 5.0 12-02-2014
Bijlage 2	Situatietekeningen met kadastrale aanduiding VKT 5.0 11-02-2014
Bijlage 3	Lengteprofielen Randstad 380kV 30813059-50-13 VKT 5.0 -10-11 blad -10-11, VKT 5.0 (03-02-2014)
Bijlage 4	Gegevens strijdig gebruik Ruimtelijke onderbouwing strijdig gebruik − Definitieve toegangsweg OSP 109 − Tijdelijke werkwegen en werkterreinen Overzicht bestemmingsplannen Overzicht BP GLL Situatietekeningen tijdelijke werkwegen en werkterreinen in relatie tot bestemmingsplannen VKT 5.0 29-04-2014 Opstijgpunt mast 109 VKT 5.0 23-09-2014 Oliedrukhuisje nabij mast 109 R3N-TEK-0134 Specificatie hekwerken en poorten SPE.04.002
Bijlage 5	Constructietekening en berekening masten Randstad 380 kV 5A Mastenlijst gemeente Lansingerland, Mastenlijst GLL 5B W2E350+5 (MS20120025/01) W2H400+10 (MS0004/08) W2H400+5 (MS20120025/06) W2S400+5 (MS20120025/10) W4H400ZA+10 (MS004/15) W4S400Z+5 (MS0004/05)

Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer	Datum ontvangst



Formulierversie
2013.01

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	1167387
Aanvraagnaam	R380 NR Omgevingsvergunning Lansingerland
Uw referentiecode	4e UM 21 GLL-OMGV lijn
Ingediend op	05-05-2014
Soort procedure	Onbekend
Projectomschrijving	In de Randstad wordt een nieuwe 380 kVhoogspanningsverbinding gerealiseerd om in de toekomst voldoende capaciteit te kunnen bieden voor elektriciteitstransport in de regio. De hoogspanningsverbinding bestaat uit twee van elkaar te onderscheiden verbindingen. Het betreft de verbinding tussen Wateringen en Zoetermeer (Bleiswijk), de 'Zuidring', en de verbinding tussen Beverwijk en Zoetermeer, de 'Noordring'. Deze aanvraag ziet op een onderdeel van het tracé Noordring.
Opmerking	-
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Ja
Persoonsgegevens openbaar maken	Ja
Kosten openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	Niet van toepassing.
Bijlagen n.v.t. of al bekend	Niet van toepassing.

Bevoegd gezag

Naam:	Gemeente Lansingerland
Bezoekadres:	Tobias Asserlaan 1, 2662 SB Bergschenhoek.
Postadres:	Postbus 1, 2650 AA Berkel en Rodenrijs
Telefoonnummer:	14 010
Faxnummer:	010 - 800 40 01
E-mailadres algemeen:	info@lansingerland.nl
Website:	www.lansingerland.nl

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

- Overig bouwwerk bouwen
  - Bouwen
- Kappen
  - Kappen
- Uitrit aanleggen of veranderen
  - Uitrit aanleggen of veranderen
- Werk of werkzaamheden uitvoeren
  - Werk of werkzaamheden uitvoeren
- Overig bouwwerk bouwen 2
  - Bouwen
- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening
  - Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening
- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 2
  - Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Bijlagen

Kosten

Formulierversie
2013.01

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	09155985
Vestigingsnummer	000020300360
Statutaire naam	TenneT TSO B.V.
Handelsnaam	TenneT TSO

2 Contactpersoon

Geslacht	☑ Man ☐ Vrouw
Voorletters	J.
Voorvoegsels	ter
Achternaam	Haar
Functie	Clustermanager Randstad 380 kV

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	6812AR
Huisnummer	310
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Utrechtseweg
Woonplaats	ARNHEM

4 Correspondentieadres

Adres	Utrechtseweg 310
	6812AR ARNHEM

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	026-373 12 52
Faxnummer	026-373 16 42
E-mailadres	david.kleinlenderink@tennet.eu

Formulierversie
2013.01

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Lansingerland
Kadastrale gemeente	☑ Bleiswijk
Kadastrale sectie	A
Kadastraal perceelnummer	543
Bouwplannaam	-
Bouwnummer	-
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☑ Ja ☐ Nee
Specificatie locatie	Zie bijlage 2.

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel	☐ U bent eigenaar van het perceel ☐ U bent erfpachter van het perceel ☐ U bent huurder van het perceel ☑ Anders
Uw belang bij deze aanvraag	TenneT is de initatiefnemer van het project Randstad 380 kV Noordring. Gesprekken om zakelijk recht te verstigen worden momenteel gevoerd en zullen voor start uitvoering worden afgerond.

Formulierversie
2013.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	Bouwen 380 kV hoogspanningsmasten nrs. 101-112.
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	74

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	De gronden worden momenteel conform vigerende bestemming gebruikt door derden.
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding.

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlage 5.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Kappen

1 Kappen

Wat wilt u gaan doen?	☑ Kappen ☐ Anders
Om hoeveel houtopstanden gaat het?	4
Beschrijf per houtopstand om welk soort houtopstand het gaat.	2 Esdoornen, 1 Linde en 1 Schietwilg
Beschrijf per houtopstand de locatie op het voor-, zij-, of achtererf.	Zie bijlage 9.
Geef per houtopstand de diameter van de stam in centimeter, gemeten op 1,30 m boven het maaiveld.	Zie bijlage 9.
Beschrijf per houtopstand of er een mogelijkheid is tot herbeplanten en, zo ja, of u dat van plan bent. Geef in het geval van herbeplanten aan op welke locatie en met welke soorten u dat wilt gaan doen.	Nog niet bekend.
Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.	De kap is noodzakelijk omdat de bomen onder de nieuwe hoogspanningsverbinding komen te staan en ze daar niet gehandhaafd kunnen worden. Daarnaast is de kap benodigd voor het realiseren van de bouwweg tussen mast 111 en 112.

2 Gemeentespecifieke vragen

Wat is de reden voor het kappen?	Esdoorn 1 en 2: Werkweg richting mast 111 en 112. Linde: tussen mastlocatie 112-113. Schietwilg: tussen mastlocatie 101-102
Wordt de aanvraag ingediend in verband met andere (weg)werkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Is de kapvergunning noodzakelijk in verband met een bouwplan of verbouwing?	☑ Ja ☐ Nee
Zo ja, is de bouwvergunning al aangevraagd / verleend (datum vergunningverstrekking invullen)?	Nee. Zie deze aanvraag.

Formulierversie
2013.01

Uitrit aanleggen of veranderen

1 Uitrit op provinciale weg

Betreft het een in- of uitrit op een provinciale weg?	☑ Ja ☐ Nee

2 Uitrit aanleggen of veranderen

Wat wilt u precies gaan doen?	☑ Een nieuwe in- of uitrit aanleggen ☐ Een bestaande in- of uitrit veranderen ☐ Anders
Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.	Definitieve aansluiting op de N209 vanaf OSP 109 Kruisweg.
Aan welk erf ligt de in- of uitrit?	☐ Voorerf ☐ Zijerf ☑ Achtererf
Vul de straatnaam in waar de in- of uitrit op uitkomt.	Nieuwe Hoefweg. Zie bijlage 8.

3 Details uitrit

Wat zijn de afmetingen van de nieuwe in- of uitrit?	7 meter. Zie bijlage 8.
Welk materiaal wordt gebruikt?	Zie bijlage 8.
Zijn er obstakels aanwezig die het aanleggen of het gebruiken van de in- of uitrit in de weg staan?	☐ Ja ☑ Nee

5 Provinciespecifieke vragen

Wat is de bestemming van de in/uitrit?	Eerst tijdelijke uitrit bouwverkeer, vervolgens definitieve uitrit opstijgpunt 109.
Geef aan of u vanaf uw perceel al toegang tot een andere weg heeft en beschrijf die in/uitrit.	Nee. Zie bijlage 8.
Wat is het totale aantal te verwachten in- en uitritbewegingen per dag?	Bijlage 11
Is er sprake van een uitrit op een provinciale weg?	☑ Ja ☐ Nee
Bij een provinciale weg: Wat is het wegnummer en het kilometerpunt (zie kilometerpaal langs de weg)?	N209
Wordt het uitzicht op de rijbaan bezien vanaf de beoogde uitrit geheel of gedeeltelijk belemmerd?	☐ Ja ☑ Nee

Wat is de gewenste breedte van de in/uitrit op de erfgrens en op de aansluiting van de weg?	Zie bijlage 8.
Welk type voertuig maakt gebruik van de uitweg?	Zie bijlage 11.

Werk of werkzaamheden uitvoeren

Formulierversie
2013.01

1 Werk of werkzaamheden uitvoeren

Binnen welk bestemmingsplan zullen de werken, geen bouwwerk zijnde, of werkzaamheden worden uitgevoerd?	Bestemmingsplan Rottezoom, gemeente Lansingerland.
Welke werken, geen bouwwerken zijnde, of welke werkzaamheden zullen worden uitgevoerd?	Aanleg van werkwegen en werkterreinen.
Wordt grond afgevoerd naar een andere locatie?	☐ Ja ☑ Nee
Zijn er obstakels aanwezig die in de weg staan voor het uitvoeren van het werk of de werkzaamheid?	☐ Ja ☑ Nee
Staat in het bestemmingsplan dat een rapport moet worden overlegd waarin de archeologische waarde is vastgelegd van het terrein dat zal worden verstoord?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	Opstijgpunt mast 109.
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	740

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	740

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	De gronden worden momenteel conform vigerende bestemming gebruikt door derden.
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Nieuw Opstijgpunt bij mast 109.

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlage 7.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Formulierversie
2013.01

1 Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Met welke regels voor ruimtelijke ordening zijn de voorgenomen werkzaamheden in strijd?	☑ Bestemmingsplan ☐ Beheersverordening ☐ Exploitatieplan ☐ Regels op grond van de provinciale verordening ☐ Regels op grond van een AMvB ☐ Regels van het voorbereidingsbesluit
Beschrijf hoe en in welke mate de voorgenomen werkzaamheden in strijd zijn met de regels voor ruimtelijke ordening.	Op drie punten is er sprake van strijd met de regels voor ruimtelijke ordening: 1. Ter ontsluiting van het Opstijgpunt Mast 109 is een toegangsweg voorzien welke niet in overeenstemming is met de vigerende bestemming aldaar. 2. Het oliedrukhuisje is gesitueerd buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt. 3. Het hekwerk rondom het opstijgpunt valt deels buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt.
Beschrijf het huidige gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Bestaande verharding ten behoeve van de agrarische functie en onbebouwde agrarische gronden.
Beschrijf het beoogde gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Op drie punten is er sprake van strijd met de regels voor ruimtelijke ordening: 1. Ter ontsluiting van het Opstijgpunt Mast 109 is een toegangsweg voorzien welke niet in overeenstemming is met de vigerende bestemming aldaar. 2. Het oliedrukhuisje is gesitueerd buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt. 3. Het hekwerk rondom het opstijgpunt valt deels buiten de bestemming Bedrijf-Opstijgpunt.
Beschrijf de gevolgen van het beoogde gebruik voor de ruimtelijke ordening.	Zie ruimtelijke onderbouwing, bijlage 4.
Is het beoogde gebruik tijdelijk van aard?	☐ Ja ☑ Nee
Hebt u een rapport nodig waarin de archeologische waarde van het terrein dat zal worden verstoord in voldoende mate is vastgelegd?	☐ Ja ☑ Nee
Wordt er afgeweken van het exploitatieplan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 2

1 Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Met welke regels voor ruimtelijke ordening zijn de voorgenomen werkzaamheden in strijd?	☑ Bestemmingsplan ☐ Beheersverordening ☐ Exploitatieplan ☐ Regels op grond van de provinciale verordening ☐ Regels op grond van een AMvB ☐ Regels van het voorbereidingsbesluit
Beschrijf hoe en in welke mate de voorgenomen werkzaamheden in strijd zijn met de regels voor ruimtelijke ordening.	Op twee punten is er sprake van strijd met de regels voor ruimtelijke ordening: 1. De kabels van de 150 kV tijdelijke hoogspanningsverbinding liggen deels buiten de bestemming Leiding - Hoogspanning II. 2. De aanleg van de tijdelijke werkwegen en werkterreinen geschiedt in strijd met de vigerende bestemmingsplannen: Rottezoom, Hoefweg-Noord (Prisma) & Hoefweg-Zuid (Bleizo).
Beschrijf het huidige gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Zie bestemmingsplan
Beschrijf het beoogde gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Op twee punten is er sprake van strijd met de regels voor ruimtelijke ordening: 1. De kabels van de 150 kV tijdelijke hoogspanningsverbinding liggen deels buiten de bestemming Leiding - Hoogspanning II. 2. De aanleg van de tijdelijke werkwegen en werkterreinen geschiedt in strijd met de vigerende bestemmingsplannen: Rottezoom, Hoefweg-Noord (Prisma) & Hoefweg-Zuid (Bleizo).
Beschrijf de gevolgen van het beoogde gebruik voor de ruimtelijke ordening.	Zie ruimtelijke onderbouwing, bijlage 4.
Is het beoogde gebruik tijdelijk van aard?	☑ Ja ☐ Nee
Hoeveel hele jaren duurt het gebruik?	3
Hoeveel maanden duurt het gebruik?	0
Hebt u een rapport nodig waarin de archeologische waarde van het terrein dat zal worden verstoord in voldoende mate is vastgelegd?	☐ Ja ☑ Nee
Wordt er afgeweken van het exploitatieplan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Aanvraagbrief	21 GLL totaal.pdf	Anders	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 1 Tracekaart_pdf	Bijlage 1 Tracekaart.pdf	Anders	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 2 Kadastrale kaarten	Bijlage 2 Situatietekening met kadastrale aanduiding.pdf	Anders	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 3 Lengteprofiel_-pdf	Bijlage 3 Lengteprofiel.pdf	Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 4 Gegevens strijdig gebruik_pdf	Bijlage 4 Gegevens strijdig gebruik.pdf	Gegevens Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 5 Constructietek en ber masten	Bijlage 5 Constructietek-eningen en berekeningen masten.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Welstand Installaties complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 6 Constructietek en ber masten	Bijlage 6 Constructietekening en berekeningen mastfundaties.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Welstand Installaties complexere bouwwerken Gegevens en bescheiden over veiligheid en het voorkomen van hinder Bruikbaarheid bouwwerk	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 7 Constructietek en ber OSP 109	Bijlage 7 Constructietek-eningen en berekeningen OSP 109.pdf	Overige gegevens veiligheid Constructieve veiligheid complexere bouwwerken Welstand Installaties complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 8 Werkterreintek-eningen_pdf	Bijlage 8 Werkterreintekening-en.pdf	Situatietekening uitrit Gegevens werk of werkzaamheden uitvoeren	05-05-2014	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 9 Bomeninventari-satie_pdf	Bijlage 9 Bomeninventari-satie-.pdf	Situatietekening kappen Gegevens houtopstanden	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 Rmtlke onderbouwing OSP 109	Bijlage 10 Ruimtelijke onderbouwing OSP 109 Kruisweg.pdf	Anders	05-05-2014	In behandeling
Bijlage 11 Logistiek plan_pdf	Bijlage 11 Logistiek plan.pdf	Anders	05-05-2014	In behandeling

Formulierversie
2013.01

Kosten

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	7912628

Uitrit aanleggen of veranderen

Uitrit aanleggen of veranderen

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	20000

Werk of werkzaamheden uitvoeren

Werk of werkzaamheden uitvoeren

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	5516800

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	406115

Projectkosten

Wat zijn de geschatte kosten voor het totale project in euro's (exclusief BTW)?	15548018

Formulierversie
2013.01

Weg aanleggen of veranderen

1 Weg aanleggen of veranderen

Welke werkzaamheden zullen worden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg of verandering van de weg?	Er wordt een permanente toegangsweg aangelegd naar Opstijgpunt 109.
Wordt grond afgevoerd naar een andere locatie?	☐ Ja ☑ Nee
Zijn er obstakels aanwezig die in de weg staan voor het uitvoeren van het werk of de werkzaamheid?	☐ Ja ☑ Nee
Geef de afmetingen van de aan te leggen of de te veranderen weg (lengte, hoogte, breedte, diepte).	Zie bijlage 10
? Staat in het bestemmingsplan dat een rapport moet worden overlegd waarin de archeologische waarde is vastgelegd van het terrein dat zal worden verstoord?	☐ Ja ☑ Nee
Om wat voor weg gaat het?	☐ Provinciale weg ☑ Gemeentelijke weg

Bijlage 1

Tracékaart Randstad 380 kV
Noordring – Zuidelijke Ringvaart
Bleiswijk

Randstad 380 kV

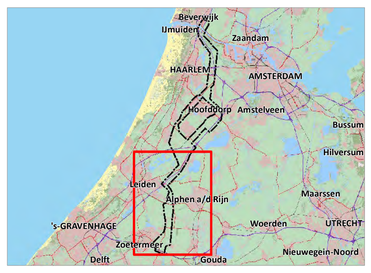
Noordring VKT 5.0 Bleiswijk - Zuidelijke ringvaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB corridor

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- ×××× 150kV te amoveren



Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	25-06-2013	Formaat	A0
Revisiedatum	12-02-2014	Schaal	1:20.000
Kenmerk	VKT5.0	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\overzicht\trace\noordring\130619_vkt50\
p_r380_overz_vkt50_Bleiswijk_zuidelijke_ringvaart_a0s.mxd

0 500 1.000 1.500 2.000 meter

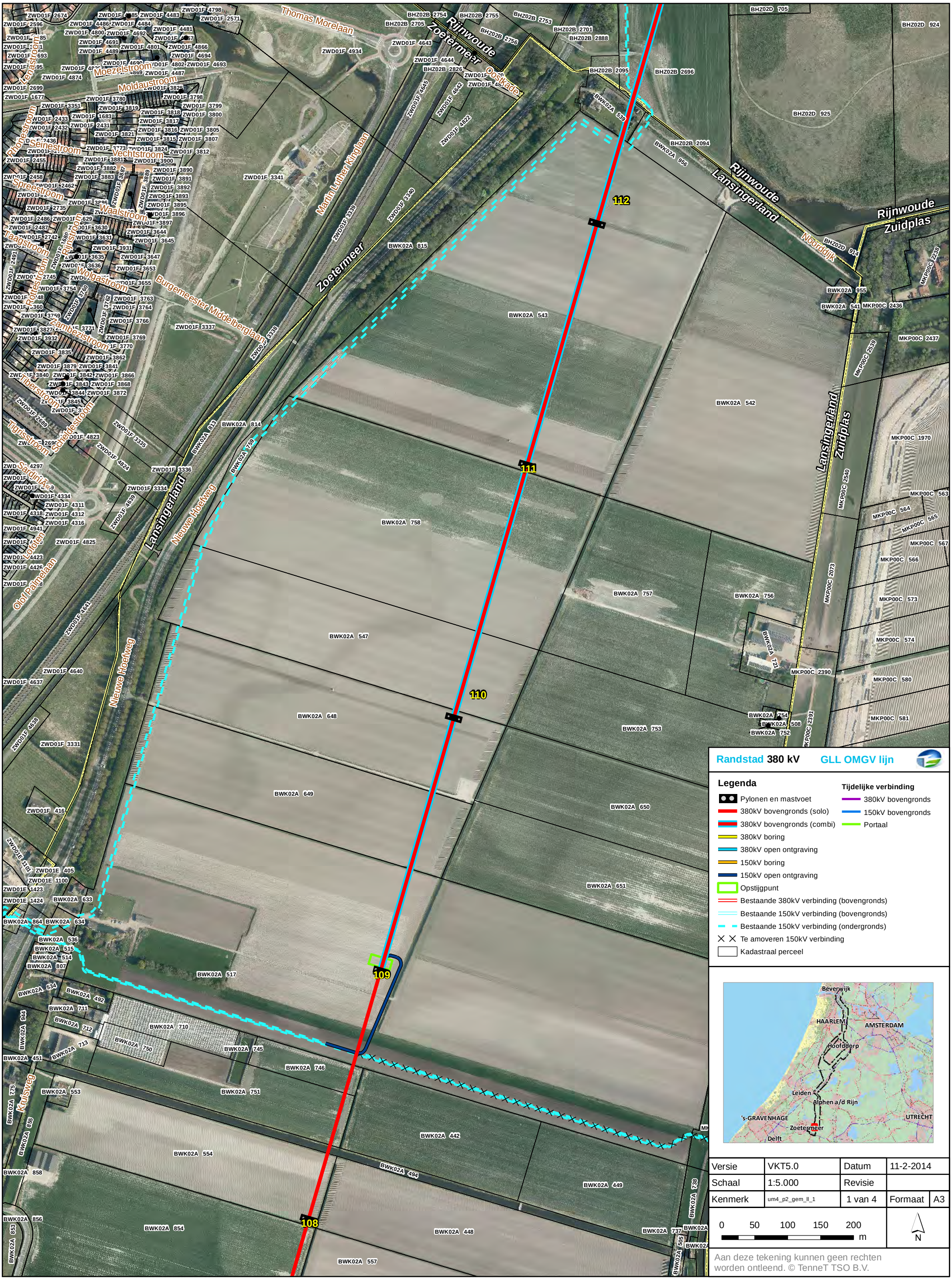
N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Bijlage 2

Situatietekening met kadastrale aanduiding

Randstad 380 kV GLL OMGV lijn



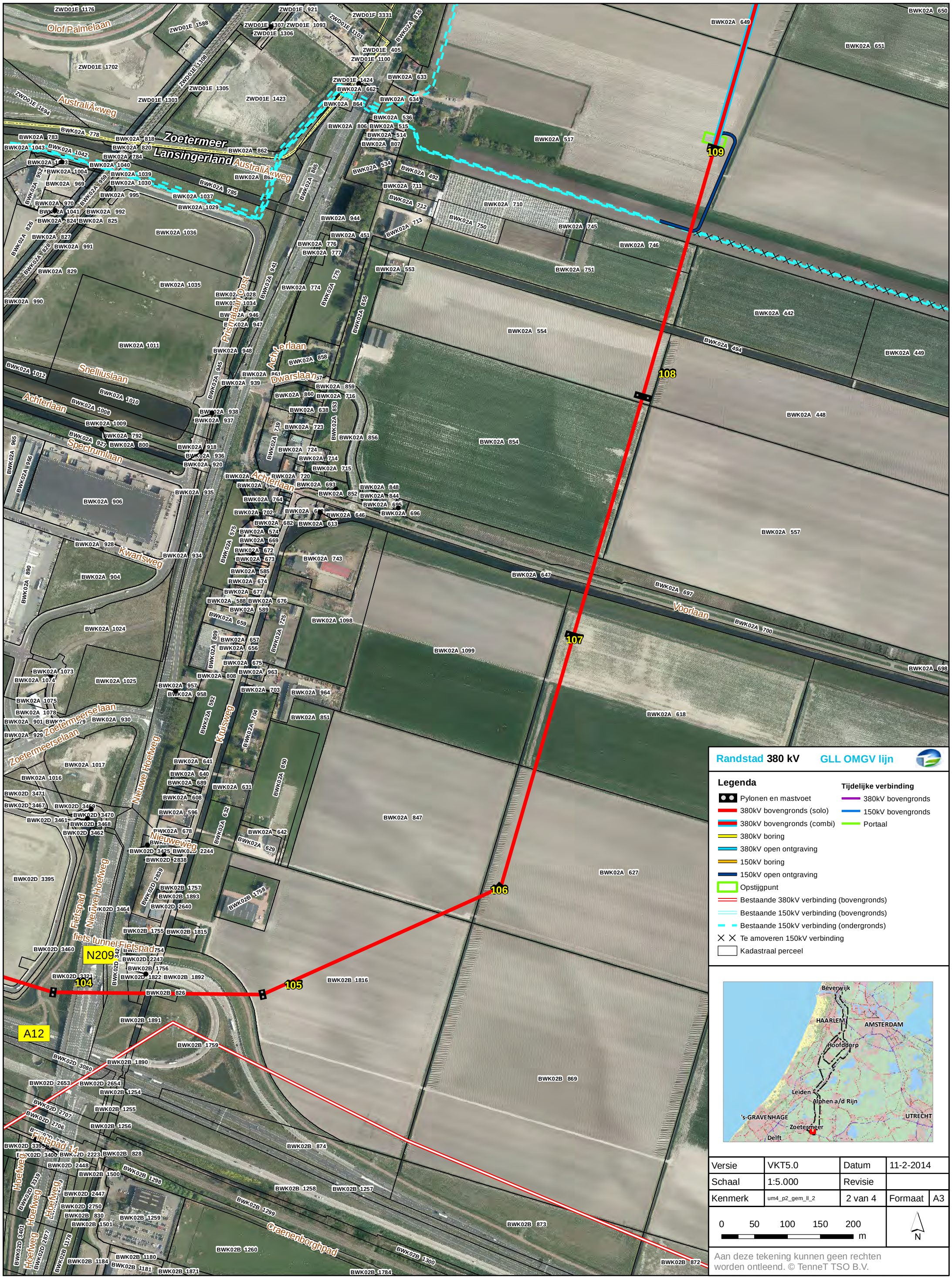
Versie	VKT5.0	Datum	11-2-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	
Kenmerk	um4_p2_gem_ll_1	1 van 4	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV GLL OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- Portaal

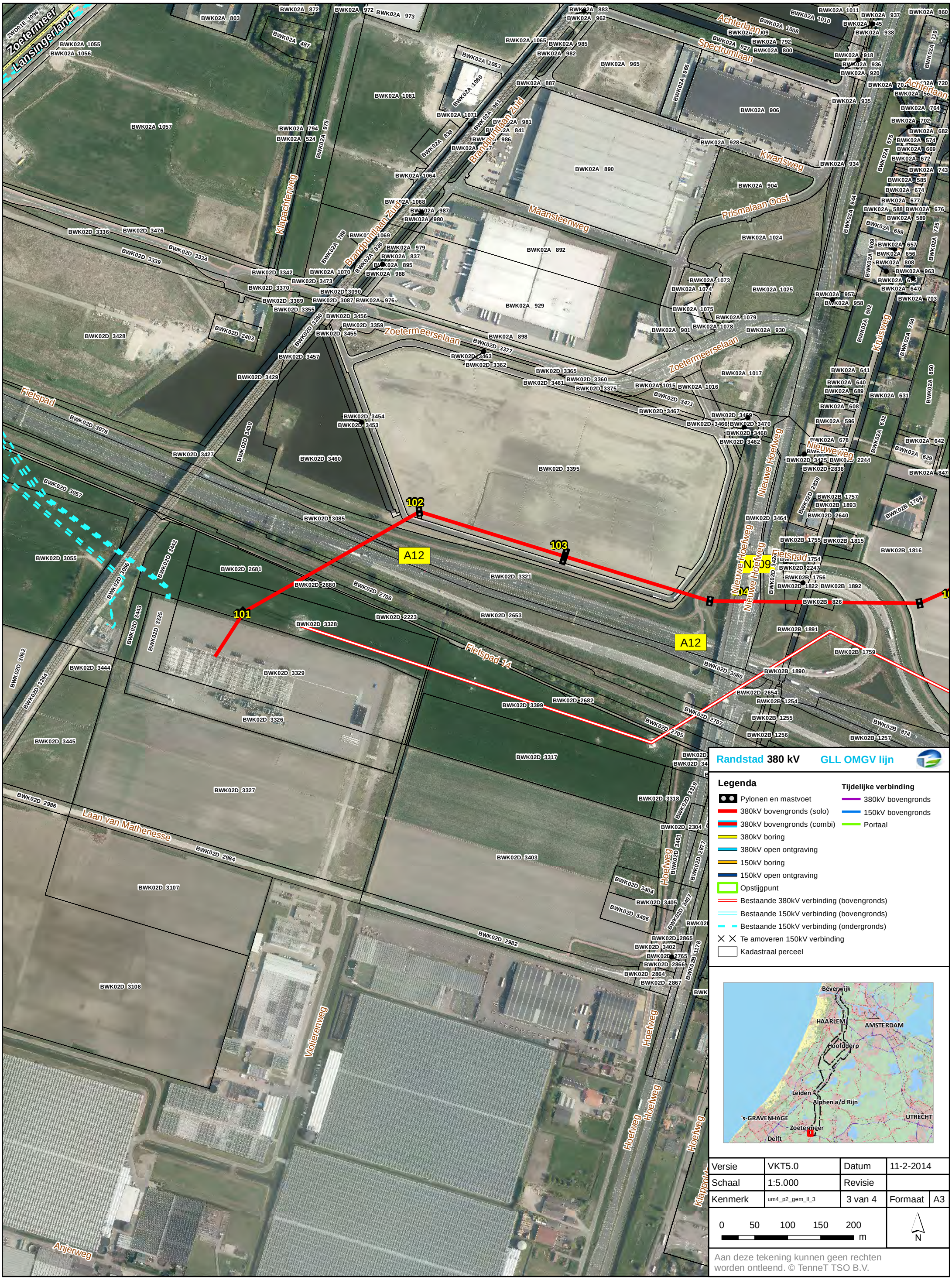
Versie	VKT5.0	Datum	11-2-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	
Kenmerk	um4_p2_gem_ll_2	2 van 4	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV GLL OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-2-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	
Kenmerk	um4_p2_gem_ll_3	3 van 4	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Bijlage 3

Lengteprofielen Randstad 380 kV Noordring

Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
		1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

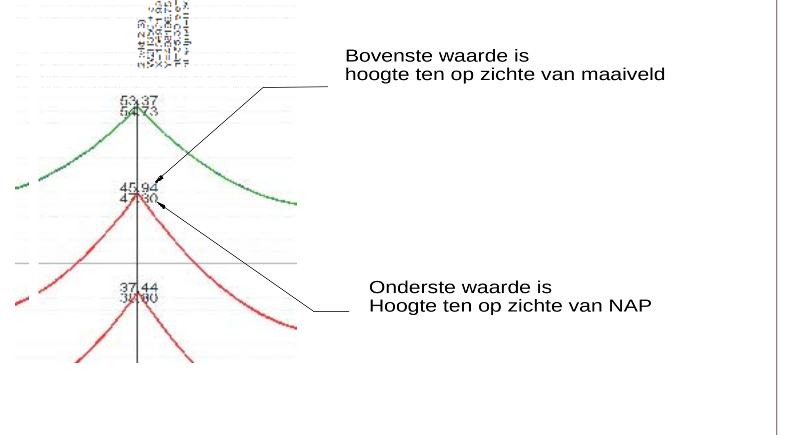
Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

KEMA DNV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast 113 (VKT5.0) tot Portaal BWK Oranje (VKT5.0)

30.0 m Horiz. Scale
3.0 m Vert. Scale

A2+

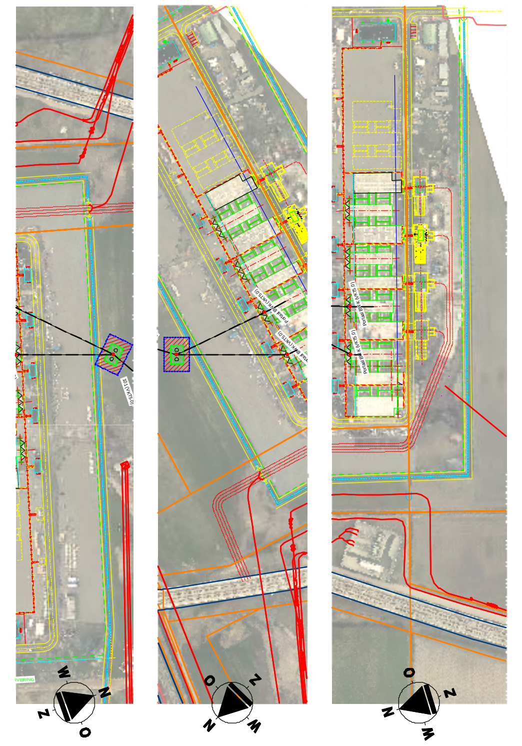
TEK.NR. 30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)

Blad 10 van 11

Wijz 5.0

© 2014

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com



Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norrm Verticaal	Norrm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
		1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

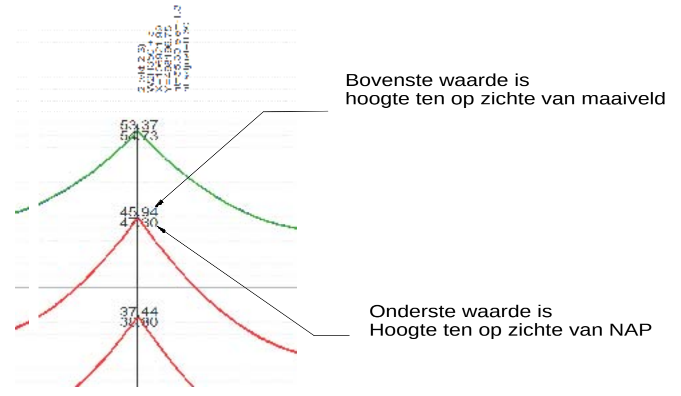
Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast Portaal BWK Oranje (VKT5.0) tot Portaal BWK Paars (VKT5.0)

Scale	Format	TEK.NR.	Blad	Wijz
30.0 m Horiz. Scale 3.0 m Vert. Scale	A2+	30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)	11 van 11	5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

Bijlage 4

Gegevens strijdig gebruik

Overzicht bestemmingsplannen

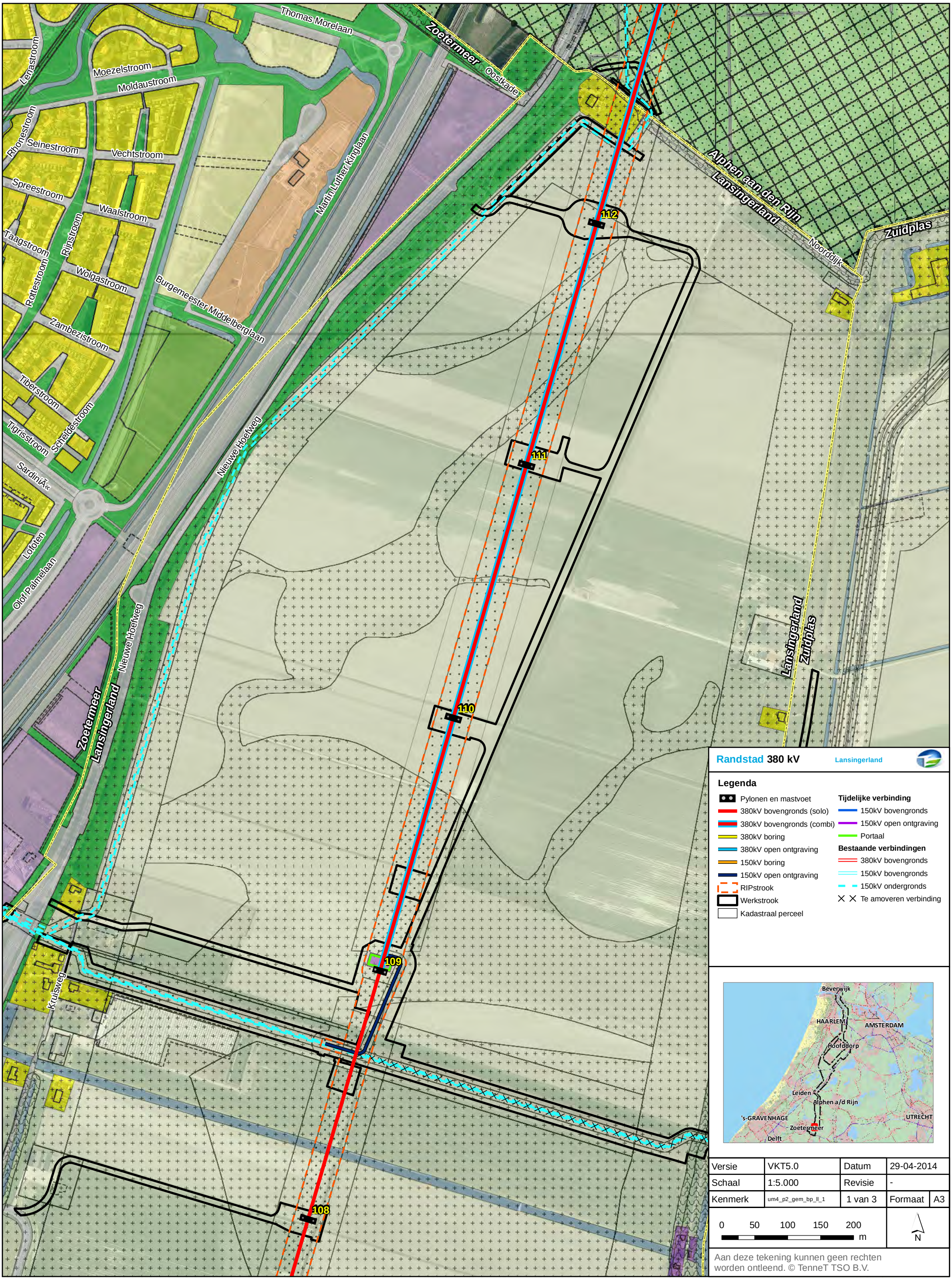
Lansingerland

1. Rottezoom
2. Hoefweg-Noord (Prisma)
3. Hoefweg-Zuid (Bleizo)

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Lansingerland

Bestemmingsplan Rottezoom



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p2_gem_bp_ll_1	1 van 3	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

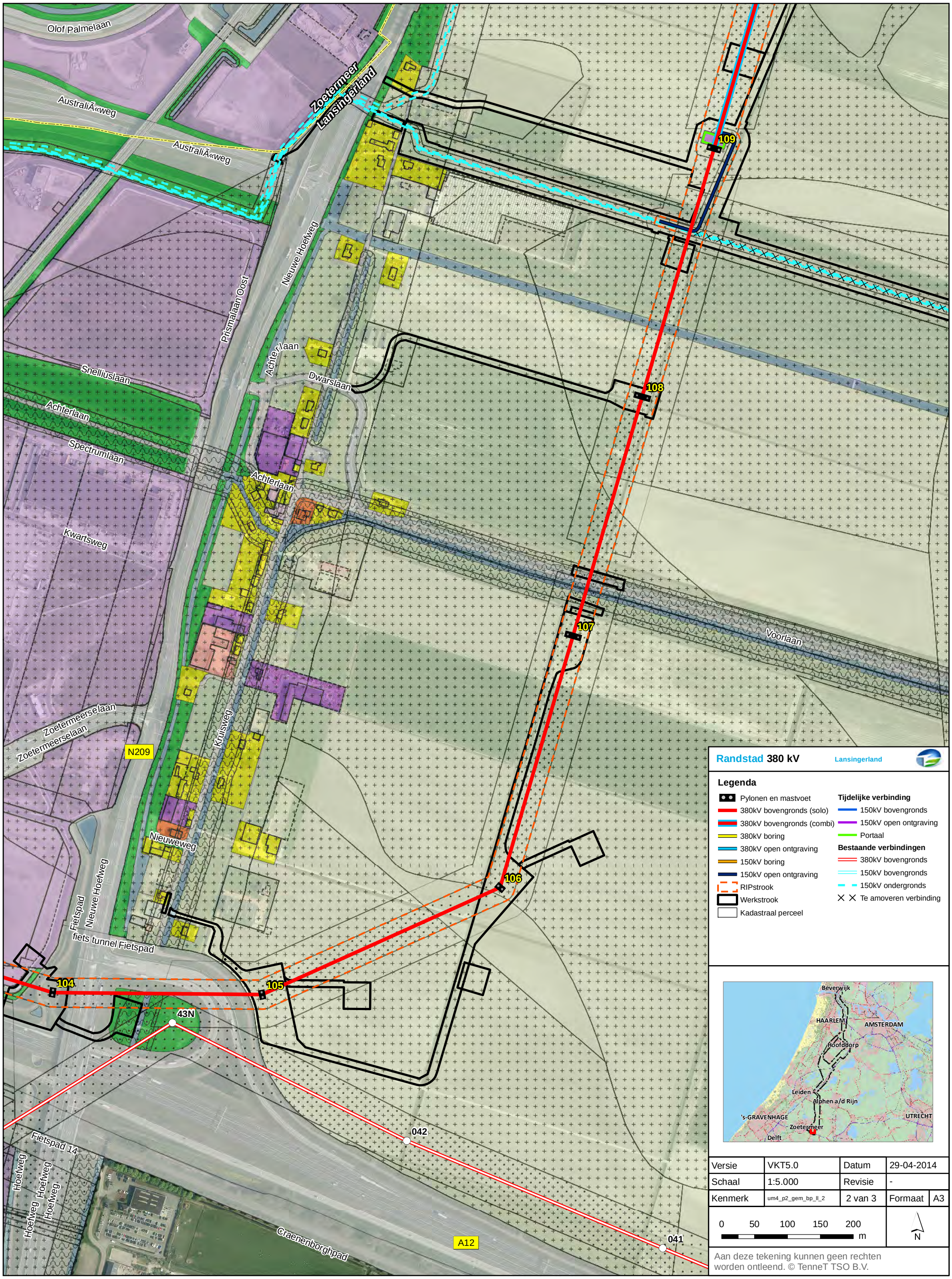
N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Lansingerland

Bestemmingsplan Rottezoom



Randstad 380 kV Lansingerland

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p2_gem_bp_ll_2	2 van 3	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

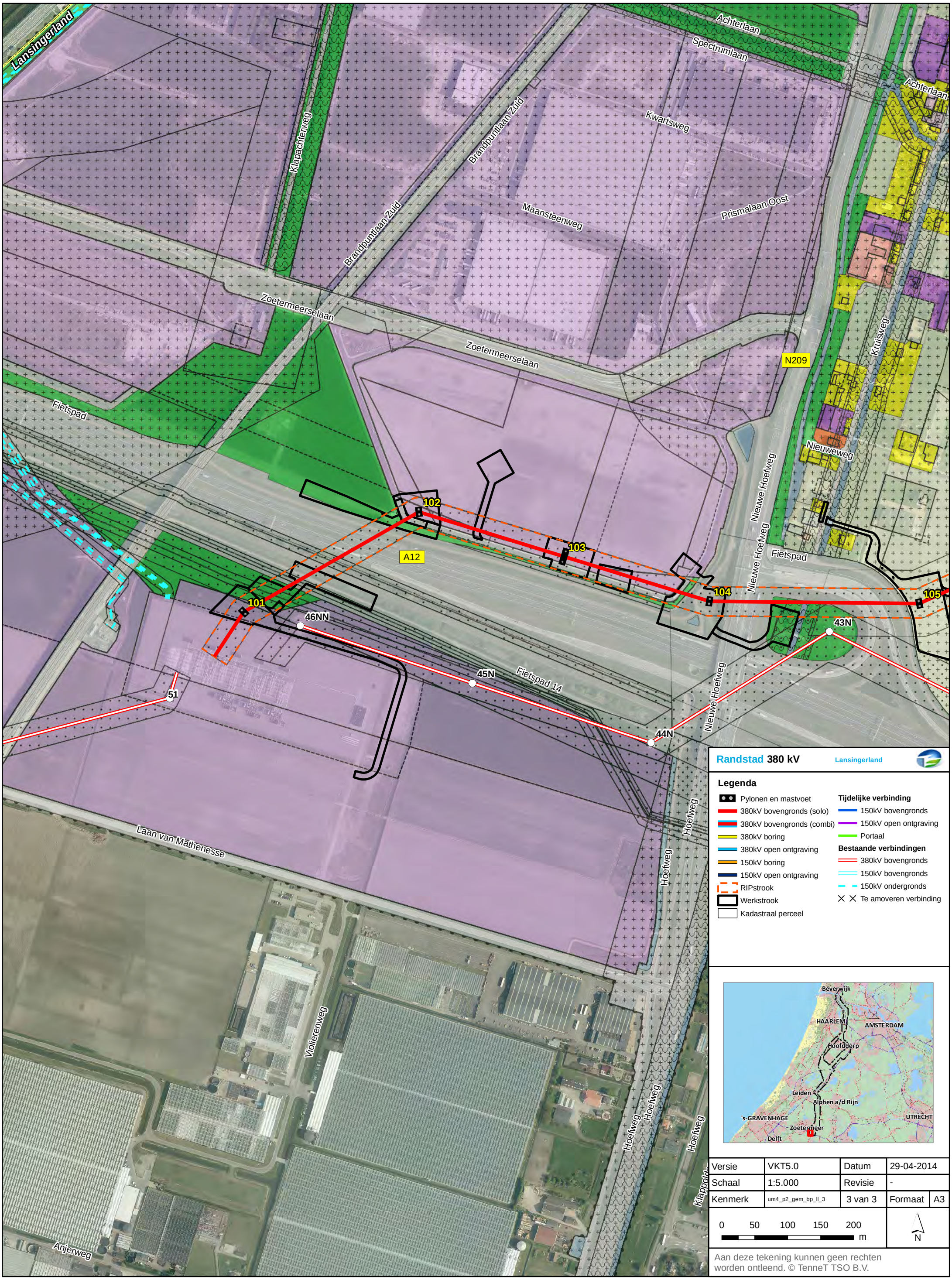
N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Lansingerland

Bestemmingsplan Hoefweg-Noord (Prisma), Hoefweg-Zuid (Bleizo)



Randstad 380 kV Lansingerland

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p2_gem_bp_ll_3	3 van 3	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380kV — Opstijgpunt mast 109

Legenda

- Oliedrukhuisje
- Mastfundatie
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Hekwerk

Kadaster

- Perceelsgrens

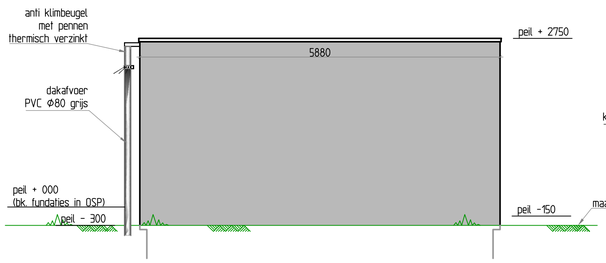
Randstad 380 kV — Opstijgpunt mast 109

Versie	VKT 5.0	Datum	23-09-2014
Schaal	1:200	Formaat	A3
Kenmerk	A:\p_r380\producten\vergunningen\ noordring\140918_Gem_Lansingerland_OSP_109\p_r380_Bwk_Vhz_D0236_Gem_Lansingerland_OSP_109_a3l.mxd		

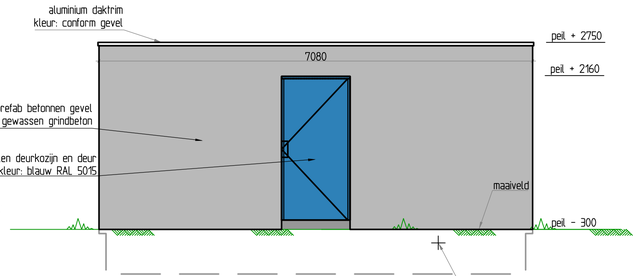
0 5 10 m

N

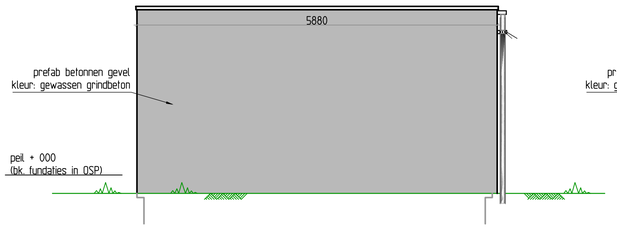
Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.



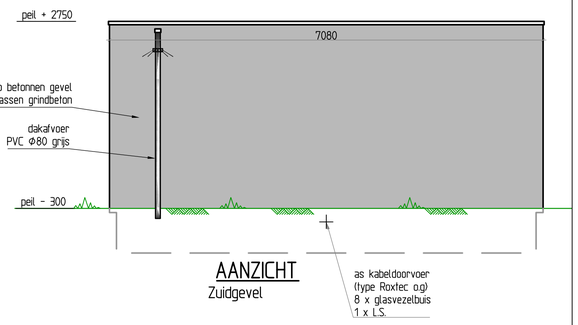
AANZICHT
Oostgevel



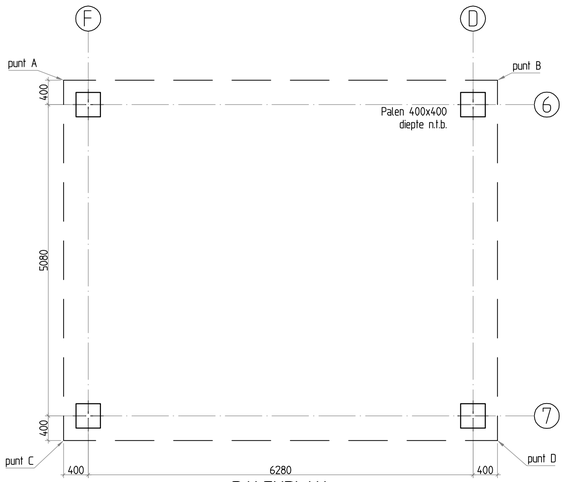
AANZICHT
Noordgevel



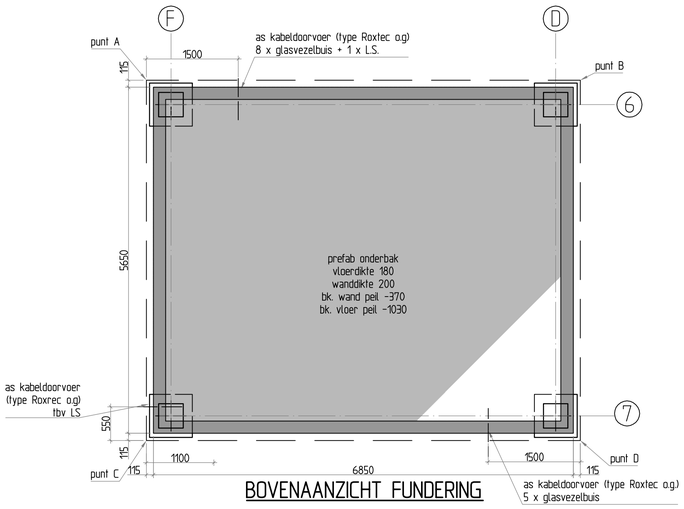
AANZICHT
Westgevel



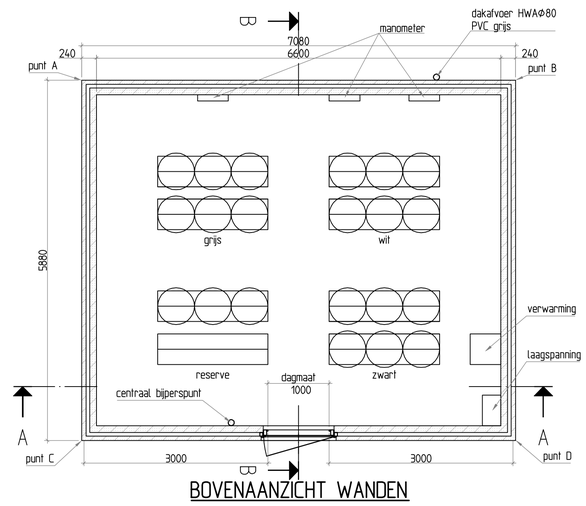
AANZICHT
Zuidgevel



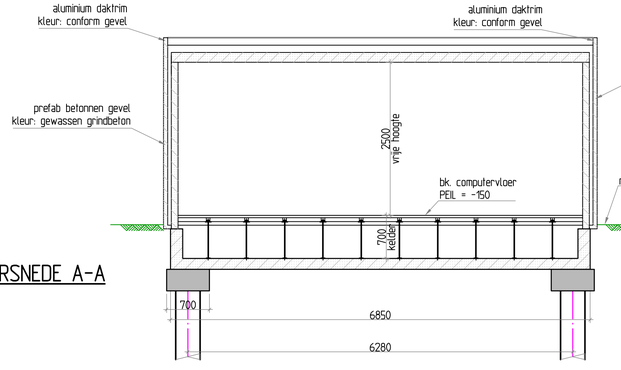
PALENPLAN



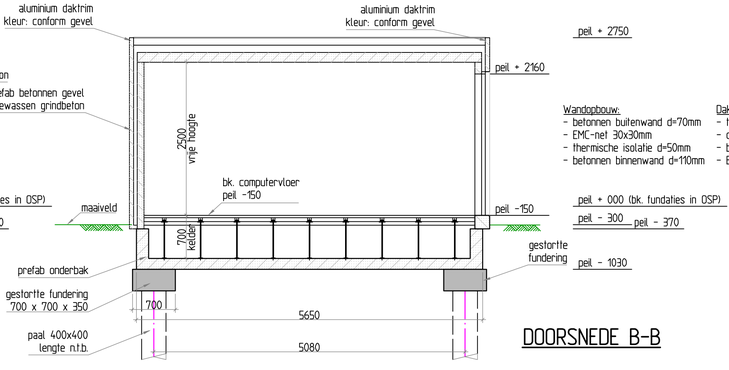
BOVENAANZICHT FUNDERING



BOVENAANZICHT WANDEN



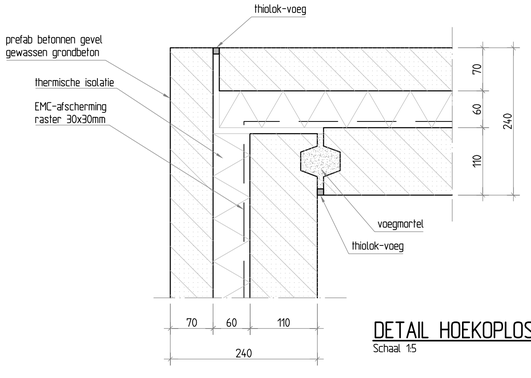
DOORSNEDE A-A



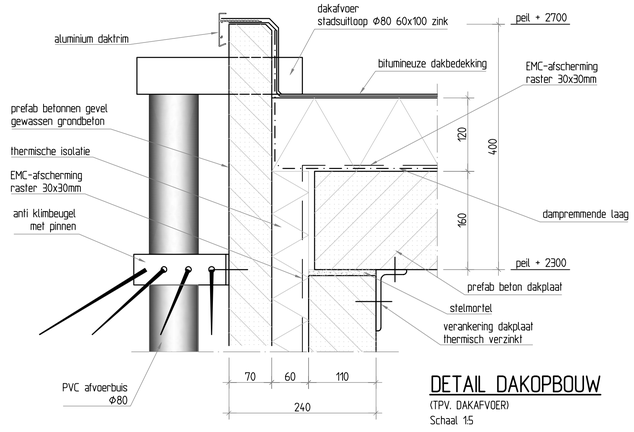
DOORSNEDE B-B

Wandopbouw:
- betonnen buitenwand d=70mm
- EMC-net 30x30mm
- thermische isolatie d=50mm
- betonnen binnenwand d=110mm

Dakopbouw:
- thermische isolatie d=120mm
- dampremmende laag
- betonnen dakplaat d=160mm
- EMC-net 30x30mm



DETAIL HOEKOPLOSSING WAND
Schaal 1:5



DETAIL DAKOPBOUW
(TPV. DAKAFVOER)
Schaal 1:5

COORDINATEN HOEKPUNTEN

Opstijgpunt mast 109

punt A	X=97904.982	Y=451492.419
punt B	X=97898.177	Y=451494.371
punt C	X=97906.603	Y=451498.071
punt D	X=97899.797	Y=451500.023

TOPOGRAFISCH FRAGMENT
Schaal 1:100.000

OPMERKINGEN:
- Maaivoering in millimeters
- Hoogteligging in meters t.o.v. N.A.P.

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

Randstad 380kV Noordring

	Controleur	Vrijgegeven door
	P. de Jager	A. Hogenboom

Omschrijving: Definitief Ontwerp
Opstijgpunten
Oliedrukhuis bij mast 109

Rev.	Wijziging	Datum	Naam
03			
02			
01			

Schaal: 1:5 / 1:50 — Formaat: A1
Naam: W. Vissers — Datum: 01-11-2013

Projekt: Randstad 380kV Noordring

TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0134 blad 001

AutoCAD filename: — Systhr:

SPECIFICATIE HEKWERKEN EN POORTEN

SPE.04.002

DECEMBER-2013

Versie 1.1

Rev.	Auteur	Beoordelaar	Vrijgave
0.1	Jos van Tuijn	kennisplatform	
1.0	Jos van Tuijn	Bert Wervers	Alan Croes
1.1	Jos van Tuijn	Martijn de Kuiter	Frank Wester

TENNET ALGEMENE SPECIFICATIE

in gebruik bij TenneT TSO B.V.

Wijzigingen

Versie	Wijzigingen
0.1	Initiële versie
1.0	Definitieve versie
1.1	Toegevoegd: 3.2, toegang met registratie Toegevoegd: 3.2, prefabbeton fundatiebalk Toegevoegd: 3.4, Dubbele draaipoort (opstijgpunt)

Inhoud

Wijzigingen 2
Inhoud 3
Toepassingsgebied 4
1. Standaard voorschriften en normen 5
2. Hekwerk 6
2.1 Algemeen 6
2.2 Security 6
2.3 Aarding / segmentering 6
2.4 Staalmathekwerk 7
2.5 Conservering hekwerk 8
2.6 Overklimbeveiliging hekwerk 9
2.7 Wering knaagdieren hekwerk 9
2.8 Betonband en betontegels 9
2.9 Waarschuwingsborden 10
2.10 Tijdelijke hekwerken 10
3. Poorten 11
3.1 Algemeen 11
3.2 Hoofdtoegangspoort schuifpoort 11
3.3 Noodpoort 12
3.4 Dubbele draaipoort 13
3.5 Conservering poorten 14
3.6 Overklimbeveiliging poorten 14
3.7 Wering knaagdieren poorten 14
4. Kwaliteitscontrole 15
4.1 Algemeen. 15

Toepassingsgebied

Deze specificatie heeft betrekking op de hekwerken en poorten van hoogspanningsterreinen van TenneT TSO bv.

1. Standaard voorschriften en normen

- NEN-EN 1338 Betonstraatstenen - Eisen en beproevingsmethoden
- NEN-EN 1339 Betontegels - Eisen en beproevingsmethoden
- NEN-EN 1340 Betonbanden - Eisen en beproevingsmethoden
- NEN-EN-ISO 1461 Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen – Specificaties en beproevingsmethoden
- NEN 5254 Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesherardiseerde producten (duplex-systeem)
- NEN 5096 Inbraakwerendheid – Eisen, classificatie en beproevingsmethoden
- NEN-EN 10223-1 Staaldraad en draadproducten voor omheiningen – Deel 1: Met zink of zinklegering bekleed prikkeldraad van staal
- NEN-EN 10223-4 Staaldraad en draadproducten voor omheiningen – Deel 4: Gelast gaas van staaldraad voor omheiningen
- NEN-EN 10223-5 Staaldraad en draadproducten voor omheiningen – Deel 5: Geweven en geknoopt gaas van staaldraad voor omheiningen
- NEN-EN 10223-6 Staaldraad en draadproducten voor omheiningen – Deel 6: Gevlochten gaas van staaldraad, met vierkante mazen - Voor omheiningen
- NEN-EN 10223-7 Staaldraad en draadproducten voor omheiningen – Deel 7: Gelaste panelen van staaldraad – Voor omheiningen
- NEN-EN 13225 Vooraf vervaardigde betonproducten - Balken en kolommen
- NEN-EN 13369 Algemene bepalingen voor vooraf vervaardigde Betonproducten

Alle versies van standaarden die geldig zijn op de datum van aanbieding of op de contractdatum moeten worden toegepast.

2. Hekwerk

2.1 Algemeen

De lay-out van gebouwen en terreinen is zodanig dat een logische opstelling ontstaat en dat bedrijfsvoering en onderhoud zo adequaat en veilig mogelijk zijn. De primaire en secundaire installatie zijn leidend in het ontwerp voor terreinindeling en de detaillering hiervan.

Bij de indeling moet een fysieke scheiding worden aangebracht tussen de TenneT-installaties en die van derden.
Rondom de buitenzijde van het hekwerk een strook eigen grond met een minimale breedte van 2,5 meter. Op deze grond buiten het station (en buiten het hek) geen begroeiing anders dan langzaam groeiend ruw- of ruiggras.

Poorten en hekwerken moeten qua stabiliteit, stevigheid, stijfheid en toegepaste materialen in een dusdanige uitvoering geleverd en geïnstalleerd worden dat het altijd mogelijk is om het hekwerk te voorzien van security-maatregelen. Zodanig dat het hekwerk of de poort geen valsmeldingen induceert van systemen als doordring-detectie etc.

2.2 Security

Voor de security maatregelen bij hoogspanningsstations onderscheiden we de categorieën Basis en Basis-Plus.
Basis-Plus wordt toegepast bij schakelstations die als A-locatie zijn aangemerkt.
Het hekwerk rondom de periferie dient criminelen en vandalen af te schrikken, overklimmen, ondergraven en doorknippen te bemoeilijken en indringers te vertragen bij het betreden en verlaten van het hoogspanning station.
Het hekwerk met waarschuwingsborden geeft tevens duidelijk de juridische erfscheiding aan.

2.3 Aarding / segmentering

Het hekwerk moet door middel van berekeningen aantoonbaar veilig zijn voor stap- en aanraakspanning. Het hekwerk, de overklimbeveiligingen, de detectievoorzieningen en de poorten eventueel segmenteren en/of aarden indien dit volgt uit de berekening voor veilige stap- en aanraakspanning. Bij een gecoat hekwerk de staanders van het hekwerk voorzien van RVS controlemeetpunten van galvanische scheiding / segmentering. Indien een elektrisch gescheiden hekwerk wordt geëist, moet dit aantoonbaar zijn door de aangebrachte voorzieningen en de op te leveren meetrapporten. Zie ook PVE.04.000 EMC, Aarding en bliksembeveiliging.

2.4 Staalmathekwerk

De omheining is van het type staalmat met horizontaal C-profiel uit de hogere veiligheidsklasse.
De hoogte van het hekwerk t.o.v. maaiveld is 2500mm, exclusief de overklimbeveiliging.

- Staalmat:
  - de maaswijdte is 200 x 50 mm. Elke maas moet volledig gelast zijn;
  - de staalmatpanelen bestaan uit liggers van stalen U-profiel 9x20x9x2 mm (aan de bovenzijde afgerond) en verticale stalen staven Ø 6mm;
  - de verticale staven excentrisch door de U-profiel liggers (buitenzijde hekwerk) en doorstekend aan bovenzijde;
  - de staalmat hoogte bedraagt 3000 mm, 500 mm onder maaiveld tot 2500 mm boven maaiveld;
  - de staalmathoogte van 3000 mm moet met één staalmat paneel bereikt worden;
  - de staalmatbreedte moet met één staalmat paneel bereikt worden.

- Staanders:
  - de staanders h.o.h. ≥ 1000 mm en maximaal 2600 mm;
  - de staanders uitvoeren met voldoende lengte ten behoeve van de montage van de staalmat;
  - materiaal: staal;
  - vorm: rechthoekig, afmeting profiel doorsnede: minimaal 60x40x2mm;
  - hoekstaanders: minimaal 80x80x3 mm;
  - staanders aan de bovenzijde voorzien van een afdekkap/puntdraadhouder;
  - voorziening t.b.v. aarding indien de berekening voor veilige stap- en aanraakspanning dit vereist;
  - staanders moeten minimaal 900 mm diep in de ongeroerde grond geplaatst worden, dusdanig dat er geen verzakkingen en/of kanteling van de staanders kan plaatsvinden.

- Bevestigingsmiddelen:
  - vastzetten staalmatten realiseren door middel van een One-way security verbinding: vandalisme bestendig, één tours bevestigingsmiddel in RVS A2 kwaliteit, min. M8x40mm;
  - per staander over de staalmathoogte van 3000 mm, minimaal 7 bevestigingspunten toepassen.

2.5 Conservering hekwerk

- Standaard uitvoering:
  - Stalen delen thermisch verzinkt, conform NEN-EN-ISO 1461;
  - Aluminium delen voorzien van poedercoating, dikte min. 80μm;
  - Bevestigingsmiddelen RVS, kwaliteit A2.
- Het hekwerk uitvoeren met Duplex-coating C4/C5 indien:
  - de afstand tot de zee ≤ 10 km;
  - de omgevingsvergunning dit vereist,
    voorkeur in standaardkleur Ral 7030 steengrijs of Ral 6009, dennengroen;
  - Duplexcoating:

C4	Kustgebieden met een beperkt zoutgehalte.	Chemische bedrijven, zwembaden, havens.
C5-I (industrieel)	Industriële gebieden met een hoge luchtvochtigheid en agressieve atmosfeer.	Gebouwen of gebieden met een bijna permanente condensatie en hoge vervuiling.
C5-M (maritiem)	Kustgebieden en buitengeplaatste gebieden met een hoog zoutgehalte.	Gebouwen of gebieden met een bijna permanente condensatie en hoge vervuiling.

2.6 Overklimbeveiliging hekwerk

De overklimbeveiliging **Basis** bestaat uit:

- Aan de bovenzijde van het hekwerk 2 x 3 puntdraden boven elkaar door middel van een Y-puntdraadkop.
- De puntdraden schuin naar binnen en schuin naar buiten gericht onder 45º, over een lengte van 500 mm.
  Specificatie puntdraad:
  - 2 stuks loopdraden afwisselend getorst tussen de vierpuntsprikkels;
  - draaddikte min.1,7 mm, voorzien van Zincalu conservering;
  - de loopdraden zijn om de 10 cm voorzien van vierpuntsprikkels.

De Overklimbeveiliging **Basis-Plus**, (A-locatie).

- De basis overklimbeveiliging aangevuld met doordringdetectie.
  Het hekdetectiesysteem moet elke poging tot overklimmen en doorknippen/zagen kunnen detecteren.
- Segmentering.
  De hekwerkdetectie segmenteren in overeenstemming met de berekening voor veilige stap- en aanraakspanning.

2.7 Wering knaagdieren hekwerk

Het staalmatpaneel aan de onderzijde voorzien van verzinkt gaas om te voorkomen dat kleinere knaagdieren (konijnen, marters, wezels, ed.) toegang krijgen tot de HS-locatie.

- afmetingen: hoogte 1000 mm;
- maaswijdte: vierkant of hexagonaal, max. 16 mm;
- materiaal: verzinkt staaldraad, min. dikte 1 mm;
- positie: tussen 500 mm onder maaiveld en 500 mm boven maaiveld;
- bovenzijde gaas gelijk met horizontaal u-profiel staalmat;
- indien de ligging of de omgevingsvergunning dit eist, verzinkt gaas toepassen dat is gecoat / geplastificeerd, min. draaddikte 1 mm.

2.8 Betonband en betontegels

Tussen de staanders moeten betonnen band worden aangebracht. Weerszijden van het hekwerk uitvoeren met een rij betontegels.

- doorsnede betonband (bxh): 60x200 mm.
  positie betonband: aan binnenzijde van staalmat hekwerk, tussen de staanders, aaneengesloten ingegraven.
  Bovenzijde betonband 50 mm boven maaiveld;
- minimale afmetingen betontegel (lxbxh): 300 x 300 x 50 mm;
- het zandbed voor de tegels moet een minimale dikte hebben van 200 mm; positie betontegels: aan weerszijden van de betonband/hekwerk.

2.9 Waarschuwingsborden

Op het staalmatpaneel waarschuwingsborden aanbrengen:

- conform NEN 3011 met de tekst "Levensgevaarlijk Hoge Spanning";
- h.o.h. 12,5 meter;
- plaatsing waarschuwingsbord, onderzijde 1.600 mm boven maaiveld.

2.10 Tijdelijke hekwerken

Het hoogspanningsterrein dient te allen tijde afgesloten te zijn. Indien een tijdelijk hekwerk hiervoor noodzakelijk is moet dit voldoen aan:

- geschoord hekwerk;
- onderling verbonden hekwerken met 2 bevestigingsklemmen welke met een security bout bevestigd zijn;
- voorzien zijn van 2 x 3 puntdraden boven elkaar door middel van een Y-puntdraadkop die geborgd is;
- De tijdelijke hekwerken aarden en/of segmenteren in overeenstemming met de berekening voor veilige stap- en aanraakspanning.
- voorzien zijn van puntdraden die om de 10 meter galvanisch gescheiden zijn;

3. Poorten

3.1 Algemeen

Op schakelstations wordt de hoofdtoegangspoort uitgevoerd als vrijdragende, enkele schuifpoort.
Een mechanisch bediende persoonspoort (noodpoort) plaatsen aan de voorzijde van het terrein, naast de elektrisch bediende hoofdtoegangspoort en aan de achterzijde van het terrein.
Deze poorten worden uitsluitend gebruikt om het terrein via een noodontgrendeling te ontvluchten en om in uitzonderlijke gevallen – met een calamiteiten sleutel - het terrein te betreden.
Voor de opstijgpunten buiten stations in het hekwerk een mechanisch bediende dubbele draaipoort aanbrengen.
De hoogte van de poorten is 2,5 meter, exclusief overklimbeveiliging.

3.2 Hoofdtoegangspoort schuifpoort

Metalen, vrijdragende, enkele schuifpoort.
Basis:

- De schuifpoort voorziet in een elektrische poortaandrijving.
- Elektrisch vergrendelde toegang met registratie en toegangscontrole met paslezer voor gepersonaliseerde pas.
- Deze elektrisch bediende schuifpoort moet aan de binnenzijde, tijdens een spanningsuitval, mechanisch bediend kunnen worden.
- De schuifpoortbalk voorziet in een wit reflecterende striping.
- De poort dient, vanuit de uitrijdzijde gezien, altijd van rechts naar links open te schuiven over een lengte die niet verder gaat dan de breedte van de uitrijdbaan.

Basis-Plus:

- Basis voorzieningen aangevuld met:
- Elektrisch vergrendelde toegang met registratie en toegangscontrole met paslezer voor gepersonaliseerde pas en biometrische scan.
- Een standsignalering en slotstand signalering Grade 3 of NCP 3 voor het toegangscontrolesysteem (TCS).
- Het openen van de poort wordt direct gemeld aan de Centrale Meldkamer (CMK).
- De poort dient vanuit het TCS, rechtstreeks vanuit de CMK elektrisch te kunnen worden bediend.

.

Algemene specificatie:

- Afmetingen schuifpoort:
  - hoogte (mm): 2.500;
  - vrije doorgang (mm): min. 5.000 op schakelstations zonder vermogenstransformatoren;
  - vrije doorgang (mm): min. 7.000 op schakelstations met vermogenstransformatoren.
- Onderdelen:
  - prefabbeton funderingsbalk;
  - bevestigingsmiddelen: vandalisme bestendig, in RVS A2 kwaliteit;
  - onderbalk geprofileerd aluminium;
  - bovenligger aluminium;
  - inwendige spandraden (verzinkt);
  - kunststof spijlenringen;
  - spijlen, afmetingen min. (mm): 25x25x1,5
    geplaatst in onderligger, doorgestoken door bovenligger,
    spijlafstand h.o.h. max.(mm): 150,
    bovenzijde spijl afgeschuind onder 45°;
  - wielpalen staal, kokerprofiel;
  - aanslagportaal staal, kokerprofiel;
  - geleiding, kunststof loopwielen;
  - stofdichte kogellagers;
  - aluminium beschermkappen;
  - aluminium wielstoelen, traploos in hoogte verstelbaar.
- Elektrische poortaandrijving
  - min. loopsnelheid (m/s): 0,25;
  - behuizing voorzien van sabotagecontact bij openen motorkast.
- Lusdetectiesysteem t.b.v. voertuigbeveiligingssysteem
- Afknelbeveiliging
  - persoonsbeveiligingssysteem conform Europese regelgeving

3.3 Noodpoort

De noodpoorten uitvoeren als handbediende draaipoort met antiklim staalmatten.

Algemene specificatie:

- Afmetingen noodpoort:
  - hoogte (mm): 2.500;
  - vrije doorgang (mm): min. 1250
- Onderdelen:
  - vulling: staalmat;
  - maasafmetingen (mm): 50x200; Elke maas moet volledig gelast zijn.
  - draaddikte horizontaal (mm): horizontaal: U-profiel,
    9/20/9/2 mm aan bovenzijde afgerond;

- vertikaal: verticale stalen staven Ø 6mm; de verticale staven excentrisch door de U-profiel liggers (buitenzijde hekwerk);
- staalmat gelast in het frame;
- noodpoorten voorzien van: een veiligheidsslot met afgeschermde slotvangplaat;
  een (calamiteiten)profielcilinder (17 mm);
- Cilinders zijn voorzien van een 'kern trekbeveiliging' en zijn beveiligd tegen een aanval volgens de 'slagmethode'.
- verstelbare scharnieren met veiligheidsmoer en scharnierbeveiliging (vanaf buitenzijde);
- noodpoorten uitvoeren met vaste knop aan de buitenzijde;
- afgeschermde antipanieksluiting met krukbediening aan de terreinzijde, waardoor het onmogelijk is het slot vanaf de buitenzijde te bedienen.
- bevestigingsmiddelen in RVS A2 kwaliteit;
- noodpoort aan de binnen- en buitenzijde voorzien van minimaal 1m^2 betonklinkerbestrating.

Basis-Plus:
Basis voorzieningen aangevuld met:

- Een standsignalering en slotstand signalering Grade 3 of NCP 3 voor het toegangscontrolesysteem (TCS).
- Het openen van de poort wordt direct gemeld aan de Centrale Meldkamer (CMK).

3.4 Dubbele draaipoort

De dubbele draaipoorten (opstijgpunt) uitvoeren als handbediende draaipoort met antiklim staalmatten.

Algemene specificatie:

- Afmetingen poort:
  - hoogte (mm): 2.500;
  - vrije doorgang (mm): min. 4000
- Onderdelen:
  - prefabbeton funderingsbalk, poortfundatie t.b.v. beide poortvleugels;
  - vulling: staalmat;
  - maasafmetingen (mm): 50x200; Elke maas moet volledig gelast zijn.
  - draaddikte horizontaal (mm): horizontaal: U-profiel, 9/20/9/2 mm aan bovenzijde afgerond;
  - vertikaal: verticale stalen staven Ø 6mm;
    de verticale staven excentrisch door de U-profiel liggers (buitenzijde hekwerk);
  - staalmat gelast in het frame;
  - draaipoorten uitvoeren voorzien van: een veiligheidsslot met afgeschermde slotvangplaat;

een (calamiteiten)profielcilinder (17 mm);
- Cilinders zijn voorzien van een ‘kern trekbeveiliging’ en zijn beveiligd tegen een aanval volgens de ‘slagmethode’.
- verstelbare scharnieren met veiligheidsmoer en scharnierbeveiliging (vanaf buitenzijde);
- bevestigingsmiddelen in RVS A2 kwaliteit;

3.5 Conservering poorten

- Oppervlaktebehandeling van de draaipoorten is thermisch verzinkt.
- Oppervlaktebehandeling van de schuifpoort poedercoating dikte min. 80μm (Duplex-coating).
- De draaipoortpoort tevens voorzien van een Duplex-coating C4 / C5 indien:
  - de afstand tot de zee ≤ 10 km;
  - de omgevingsvergunning dit eist

  voorkeur in standaardkleur Ral 7030 steengrijs of Ral 6009, dennengroen.

3.6 Overklimbeveiliging poorten

- Aan de bovenzijde van de schuifpoort en dubbele draaipoort een overklimbeveiliging d.m.v. een roterende puntenkam: puntlengte min. 100mm.
- Aan de bovenzijde van de noodpoorten een overklimbeveiliging d.m.v. een vaste puntenkam: 28 mm. De overklimbeveiliging (puntdraden) van het hekwerk loopt door boven de noodpoorten.

3.7 Wering knaagdieren poorten

De onderste 500 mm vanaf maaiveld, de poort voorzien van verzinkt gaas om te voorkomen dat kleinere knaagdieren (konijnen, marters, wezels, ed.) toegang krijgen tot de HS-locatie.

Algemene specificatie:

- afmetingen: hoogte 500 mm.
- maaswijdte: vierkant of hexagonaal, max. 16 mm;
  materiaal: verzinkt staaldraad, min. dikte 1 mm;
- bovenzijde gaas gelijk met horizontaal u-profiel staalmat;
- indien de ligging of de omgevingsvergunning dit eist, verzinkt gaas toepassen dat is gecoat / geplastificeerd, min. draaddikte 1 mm.
- de poortvleugel voorzien van een aansluiting op maaiveld door de onderbalk van de poortvleugel aan de onderzijde te voorzien van een strook Neopreen rubber.

4. Kwaliteitscontrole

4.1 Algemeen.

De uitvoering van de werkzaamheden worden uitgevoerd aan de hand van een kwaliteitsplan dat is opgesteld door de opdrachtnemer en is geaccordeerd door de opdrachtgever.

Aan de kwaliteitscontrole zijn onderworpen:

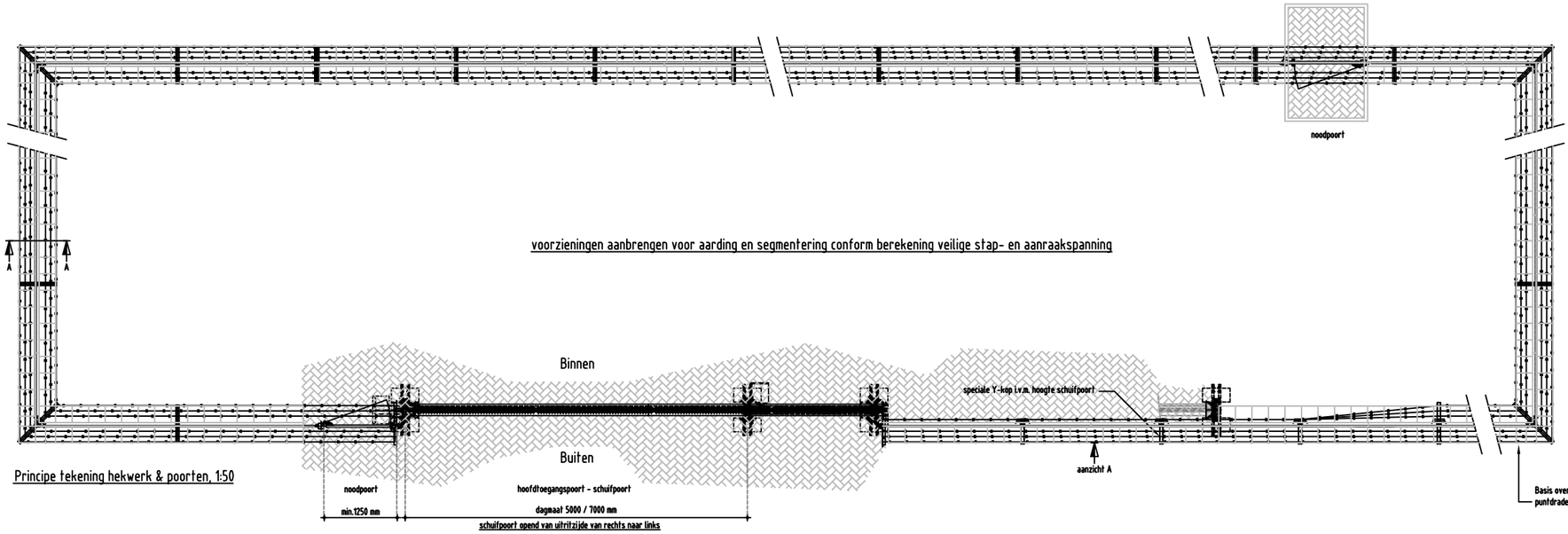
- De eigenschappen van de ondergrond;
- De geschiktheid van producten en systemen;
- De voorwaarden voor de toepassing van producten en systemen;
- De uiteindelijke eigenschappen van het eindproduct.

In het ‘as built’- dossier moet door de opdrachtnemer worden vastgelegd:

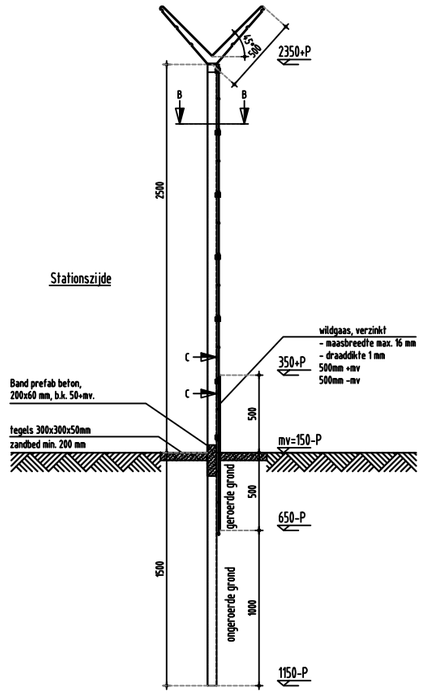
- De details en de uitvoeringswijze;
- De resultaten van tests en kwaliteitscontroles;
- Overige informatie die relevant is voor het toekomstig beheer en onderhoud

Het ‘as built’-dossier moet voor de oplevering worden overgedragen aan de opdrachtgever. Het dossier moet worden aangeboden door middel van een CD-ROM / DVD: 'as built'. De Cd-rom's en Dvd's moeten zijn voorzien zijn van een label en een begeleidende brief met:

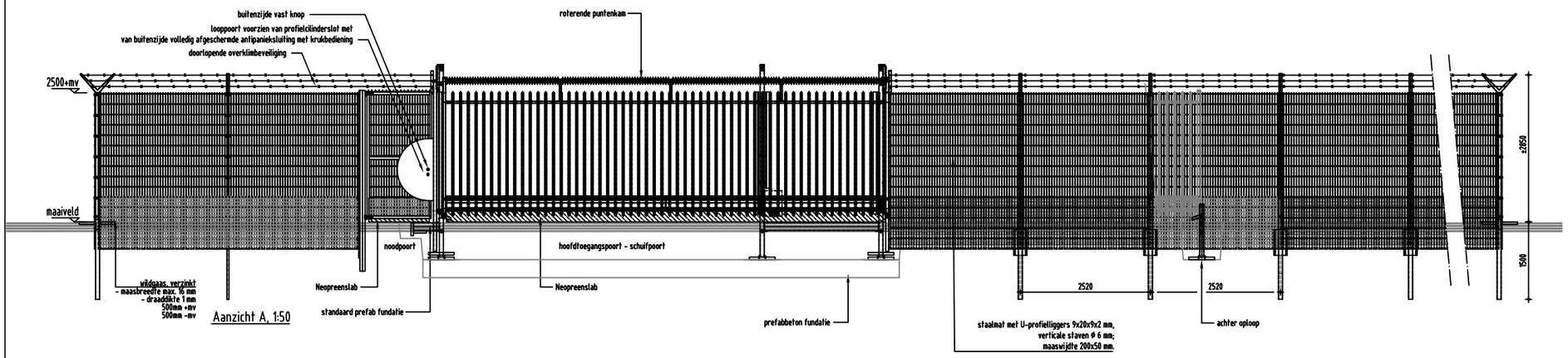
- Firmanaam
- Volgnummer
- Naam station of verbinding
- Objectnaam
- Datum
- Onderdelen



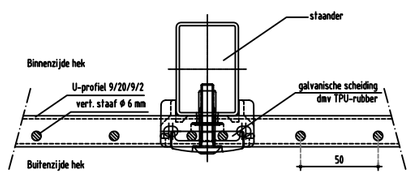
Principe tekening hekwerk & poorten, 1:50



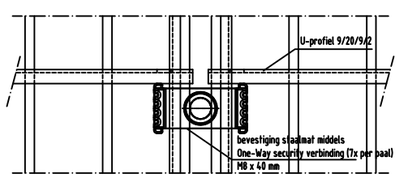
Doorsnede AA, 1:20



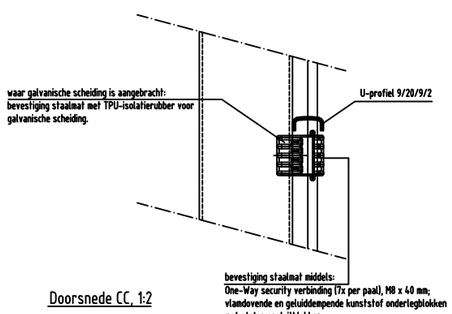
Aanzicht A, 1:50



Doorsnede BB, 1:2



Aanzicht bevestiging, 1:2



Doorsnede CC, 1:2

OVERIGE INFORMATIE

conservering:
stalen delen - thermisch verzinkt
aluminium delen - gecoat
bevestigingsmiddelen RVS-A2

hekwerk uitvoeren met Duplex-coating indien :
- de afstand tot de zee ≤ 10 km;
- de omgevingsvergunning dit voorschrijft.

aarding/ segmentering:
- segmentering en aardingsvoorzieningen aanbrengen
  conform berekening veilige stap- en aanraakspanning.

staalmathekwerk:
- horizontaal: U-profielliggers 9x20x9x2 mm, aan bovenzijde afgerond;
- verticaal: staven ϕ 6 mm, excentrisch door U-profiel (dsn BB, CC);
- maaswijdte 200x50 mm;
- staanders: 60x40x2 mm, lengte 4000 mm;
- hoekpaal: 80x80x3 mm; lengte 4000 mm;
- staanders h.o.h.: min. 2000 mm, max. 2600mm;
- Basis uitvoering overklimbeveiliging hekwerk:
  6x puntdraad in Y kop 45°, 3x naar binnen en 3x naar buiten gericht;
  puntdraad, 2 stuks loopdraden afwisselend getorst tussen de vierpuntsprikkels h.o.h. 100mm;
  voorzien van Zincalu conservering;
- puntdraden segmenteren dmv isolator;
- tussenpaal waar galvanische scheiding wordt toegepast,
  wordt dieper gemonteerd om contact tussen U-profiel en bevestiging te vermijden;
- knaagdierwering d.m.v. wildgaas maaswijdte max. 16 mm, dikte 1 mm, 1000 mm hoog, 500 -mv tot 500 +mv;
- betonband 200x60 mm aan binnenzijde tussen de staanders, b.k. 50 +mv;
- betontegels 300x300x50 mm aan binnen- en buitenzijde hekwerk, zandbed min. 200 mm;
- om de 12,5 meter waarschuwingsborden monteren aan de buitenzijde van het hek, 1600mm +mv.

poorten:
- schuifpoort, vrije doorgang: 5000 mm of 7000 mm (schakelstations met vermogenstransformatoren);
- noodpoort, vrije doorgang: min. 1250 mm;
- overklimbeveiliging:
  noodpoort: vaste puntenkam, 35mm en doorlopende overklimbeveiliging hekwerk (puntdraden);
  schuifpoort: roterende puntenkam. min. puntlengte 100mm.
- wering knaagdieren:
  de poortvleugels voorzien van een aansluiting op maaiveld door middel van een strook Neopreen rubber;
  de poortvleugels voorzien van wildgaas, maaswijdte max. 16 mm, dikte 1 mm, tot 500 +mv;
- Schuifpoort voorzien van elektrisch vergrendelde toegang met paslezer voor gepersonaliseerde pas;

A-locatie:
- bij een als A-locatie geclassificeerd schakelstation wordt het hekwerk voorzien van doordringdetectie;
- standsignalering poorten;
- elektrisch vergrendelde toegang met paslezer voor gepersonaliseerde pas en biometrische scan.

Peilmaat:
Stationspeil = Peil = 0.00 = Bovenkant afgewerkte begane grondvloer CDG

Omschrijving	TenneT standaard Hekwerk en poorten schakelstation TenneT conform SPE.04.002 SPECIFICATIE HEKWERKEN EN POORTEN	C	Update SPE.04.002	09-12-2013	JTU
		B	Update BOU.04.004	28-08-2013	JTU
		A	Update TBD security	05-12-2012	JTU
		Rev.	Wijziging	Datum	Naam
Projekt	BOUWSTEEN TERREININRICHTING	Schaal:	1:50, 1:20, 1:10, 1:2	Formaat:	A1
		Naam	JTU	Datum	25-11-2010
		Tekeningnummer:	BOU.04.004.03. blad 001		
		AutoCAD filenaam:	BOU.04.004.03.001.B.dwg	Systeem:	

TenneT Taking powerfurther

Bijlage 5

Constructietekeningen en berekeningen masten Randstad 380 kV

4e UM 21 GLL-OMGV lijn		
Mastnummer	**Masttype**	**Mastfundatie**
101	W2E350 + 5	F
* 102	W2H400 + 10	C
103	W2S400 + 5	A
104	W2H400 + 10	C
105	W2H400 + 5	C
106	W2H400 + 5	C
107	W2S400 + 5	A
108	W2S400 + 5	A
109 OSP	W4H400ZA + 10	D
110	W4S400Z + 5	B
111	W4S400Z + 5	B
112	W4S400Z + 5	B

* Het fundament van mast 102 is uitgezonderd van deze aanvraag omdat de omgevingsvergunning hiervoor reeds op 18-12-2013 is verleend (met kenmerk: W-2013-0378 / U13.23375.) door uw gemeente. Het fundament is reeds gerealiseerd.

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W2E350(+5)”

Tracé – Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00 – Tracé Vijfhuizen- Beverwijk	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Belasting geleiders aangepast	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	18 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2E350(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53

	blz.
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 41m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 32,5m hoogte	61
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 24m hoogte	66
9.1.4 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 44,5m hoogte	71
9.1.5 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 36m hoogte	76
9.1.6 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 28m hoogte	81
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	86
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	88
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	89
9.3 Berekening draagarm " Retourstroomgeleider "	92
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	97
9.3.2 Berekening clip " Retourstroomgeleider "	98
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	100
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	103
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	105
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	107
9.7 Berekening versterking deur	110

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage F en F2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E350(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Beverwijk – Vijfhuizen & Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 55,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,590 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten. De segmenten zijn 27,0 meter en 28,0 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2E350(+5)”

Berekening

W2E350+5

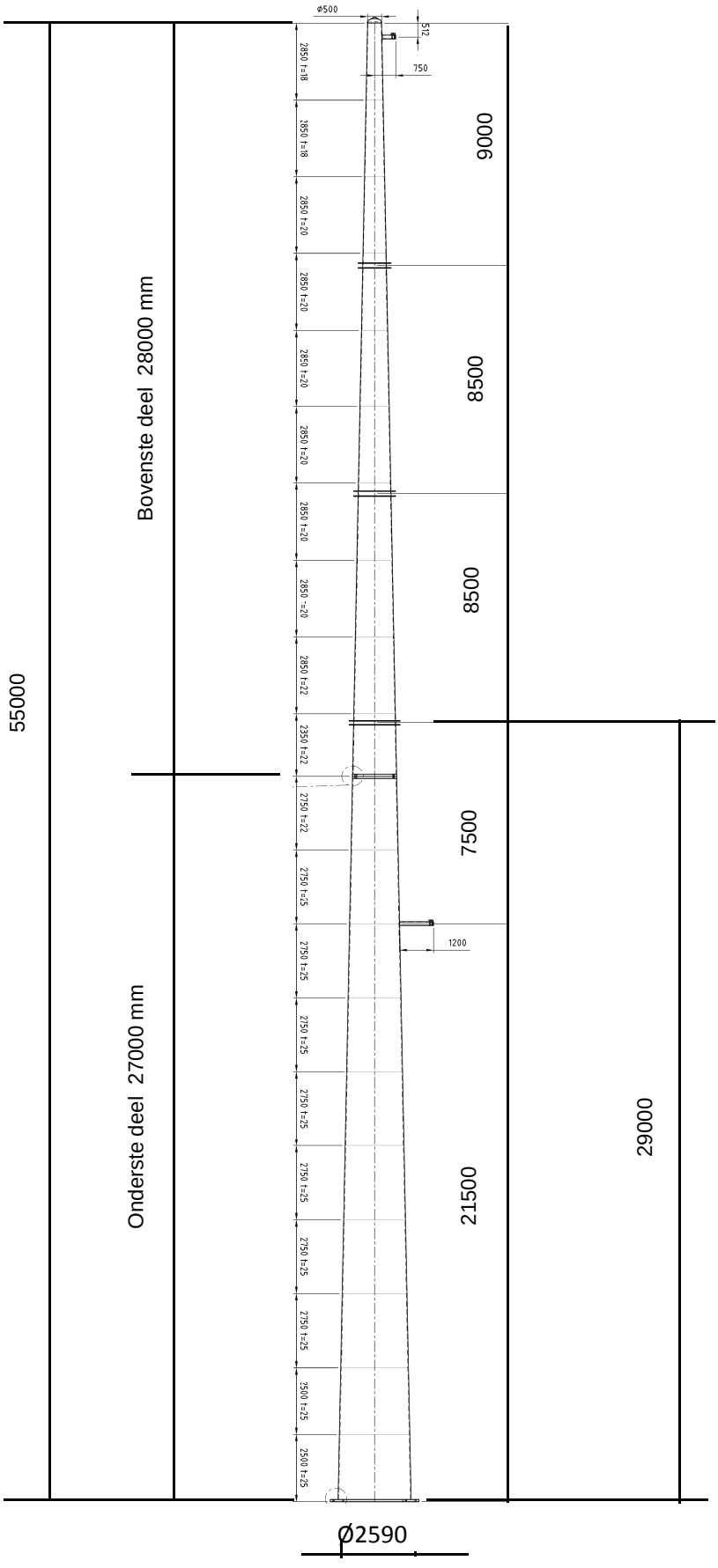
55,0 m - 2590 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,545

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	522	500	n.v.t.	2	1	54,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	53,29
3	2850	717	608	n.v.t.	2	1	50,73
4	2850	825	717	n.v.t.	2	1	47,88
5	450	842	825	n.v.t.	2	1	46,23
6	2400	933	842	n.v.t.	2	1	44,80
7	1425	987	933	n.v.t.	2	1	42,89
8	1425	1042	987	n.v.t.	2	1	41,46
9	2850	1150	1042	n.v.t.	2	1	39,33
10	400	1165	1150	n.v.t.	2	1	37,70
11	2450	1258	1165	n.v.t.	2	1	36,28
12	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	33,63
13	2850	1475	1366	n.v.t.	2	1	30,78
14	350	1488	1475	n.v.t.	2	1	29,18
15	2000	1564	1488	n.v.t.	2	1	28,00
16	1375	1616	1564	n.v.t.	2	1	26,31
17	1375	1669	1616	n.v.t.	2	1	24,94
18	1375	1721	1669	n.v.t.	2	1	23,56
19	1375	1773	1721	n.v.t.	2	1	22,19
20	2750	1878	1773	n.v.t.	2	1	20,13
21	2750	1982	1878	n.v.t.	2	1	17,38
22	2750	2087	1982	n.v.t.	2	1	14,63
23	2750	2191	2087	n.v.t.	2	1	11,88
24	2750	2296	2191	n.v.t.	2	1	9,13
25	2750	2400	2296	n.v.t.	2	1	6,38
26	2500	2495	2400	n.v.t.	2	1	3,75
27	2500	2590	2495	n.v.t.	2	1	1,25
	55000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	18,0	27869	218,77	8,47E+08	174,36	3,32E+06
2	565	18,0	30931	242,81	1,16E+09	193,49	4,10E+06
3	662	18,0	36443	286,08	1,89E+09	227,94	5,72E+06
4	771	18,0	42567	334,15	3,02E+09	266,21	7,83E+06
5	833	20,0	51111	401,22	4,23E+09	287,68	1,02E+07
6	888	20,0	54513	427,93	5,13E+09	306,82	1,16E+07
7	960	20,0	59079	463,77	6,53E+09	332,51	1,36E+07
8	1014	20,0	62482	490,48	7,73E+09	351,65	1,52E+07
9	1096	20,0	67585	530,54	9,78E+09	380,37	1,78E+07
10	1157	20,0	71465	561,00	1,16E+10	402,19	2,00E+07
11	1212	20,0	74867	587,71	1,33E+10	421,34	2,19E+07
12	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
13	1421	22,0	96661	758,79	2,36E+10	494,52	3,33E+07
14	1481	22,0	100863	791,77	2,69E+10	516,02	3,63E+07
15	1526	22,0	103949	816,00	2,94E+10	531,80	3,85E+07
16	1590	22,0	108381	850,79	3,33E+10	554,47	4,19E+07
17	1642	22,0	111992	879,14	3,68E+10	572,94	4,48E+07
18	1695	25,0	131132	1029,39	4,57E+10	590,37	5,39E+07
19	1747	25,0	135236	1061,60	5,01E+10	608,84	5,74E+07
20	1825	25,0	141391	1109,92	5,73E+10	636,55	6,28E+07
21	1930	25,0	149599	1174,35	6,79E+10	673,49	7,03E+07
22	2034	25,0	157806	1238,78	7,96E+10	710,43	7,83E+07
23	2139	25,0	166014	1303,21	9,27E+10	747,38	8,67E+07
24	2243	25,0	174221	1367,63	1,07E+11	784,32	9,56E+07
25	2348	25,0	182428	1432,06	1,23E+11	821,26	1,05E+08
26	2448	25,0	190263	1493,56	1,40E+11	856,53	1,14E+08
27	2543	25,0	197724	1552,13	1,57E+11	890,11	1,23E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	55000	1 -- 2	1	570	2,79E+04	8,47E+08
2	54430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	52150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	49300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	46450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	46000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	43600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	42175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	40750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	37900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	37500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	35050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	32200	13 -- 14	13	2850	9,67E+04	2,36E+10
14	29350	14 -- 15	14	350	1,01E+05	2,69E+10
15	29000	15 -- 16	15	2000	1,04E+05	2,94E+10
16	27000	16 -- 17	16	1375	1,08E+05	3,33E+10
17	25625	17 -- 18	17	1375	1,12E+05	3,68E+10
18	24250	18 -- 19	18	1375	1,31E+05	4,57E+10
19	22875	19 -- 20	19	1375	1,35E+05	5,01E+10
20	21500	20 -- 21	20	2750	1,41E+05	5,73E+10
21	18750	21 -- 22	21	2750	1,50E+05	6,79E+10
22	16000	22 -- 23	22	2750	1,58E+05	7,96E+10
23	13250	23 -- 24	23	2750	1,66E+05	9,27E+10
24	10500	24 -- 25	24	2750	1,74E+05	1,07E+11
25	7750	25 -- 26	25	2750	1,82E+05	1,23E+11
26	5000	26 -- 27	26	2500	1,90E+05	1,40E+11
27	2500	27 -- 28	27	2500	1,98E+05	1,57E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	54,72	0,21	1,17	31,72	0,18	1413
2	53,29	0,21	1,17	31,57	0,18	1404
3	50,73	0,21	1,16	31,29	0,18	1386
4	47,88	0,21	1,15	30,97	0,18	1365
5	46,23	0,21	1,14	30,77	0,18	1353
6	44,80	0,21	1,13	30,59	0,18	1341
7	42,89	0,21	1,12	30,34	0,19	1326
8	41,46	0,21	1,12	30,15	0,19	1314
9	39,33	0,21	1,11	29,85	0,19	1295
10	37,70	0,21	1,10	29,62	0,19	1281
11	36,28	0,21	1,09	29,40	0,19	1267
12	33,63	0,21	1,07	28,97	0,20	1241
13	30,78	0,21	1,05	28,47	0,20	1211
14	29,18	0,21	1,04	28,17	0,20	1192
15	28,00	0,21	1,03	27,93	0,20	1179
16	26,31	0,21	1,02	27,58	0,20	1158
17	24,94	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
18	23,56	0,21	1,00	26,96	0,21	1121
19	22,19	0,21	0,99	26,62	0,21	1101
20	20,13	0,21	0,97	26,07	0,22	1069
21	17,38	0,21	0,93	25,24	0,22	1022
22	14,63	0,21	0,90	24,26	0,23	968
23	11,88	0,21	0,86	23,09	0,24	904
24	9,13	0,21	0,80	21,60	0,26	826
25	6,38	0,21	0,72	19,57	0,29	723
26	3,75	0,21	0,63	16,93	0,33	598
27	1,25	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	400	0,40	0,00	1,45E-02	466,83
2	2 -- 3	5878	1622	3,35	0,61	1,45E-02	458,56
3	3 -- 4	8581		9,23	14,96	1,44E-02	425,52
4	4 -- 5	9951		17,81	53,50	1,42E-02	384,61
5	5 -- 6	1873		27,76	118,44	1,38E-02	344,55
6	6 -- 7	10630	13722	43,36	131,36	1,38E-02	338,34
7	7 -- 8	6822		53,99	248,18	1,34E-02	305,72
8	8 -- 9	7203		60,81	329,97	1,31E-02	286,88
9	9 -- 10	15548		68,01	421,76	1,27E-02	268,50
10	10 -- 11	2304		83,56	637,76	1,20E-02	233,18
11	11 -- 12	14766	14152	100,02	671,65	1,19E-02	228,40
12	12 -- 13	18593		114,79	934,78	1,12E-02	200,08
13	13 -- 14	22053		133,38	1288,42	1,03E-02	169,38
14	14 -- 15	2824		155,43	1699,97	9,45E-03	141,17
15	15 -- 16	16620	14582	172,84	1754,86	9,34E-03	137,88
16	16 -- 17	11905	8716	198,17	2117,16	8,72E-03	119,80
17	17 -- 18	12294		210,08	2397,83	8,27E-03	108,11
18	18 -- 19	14360		222,37	2695,14	7,82E-03	97,04
19	19 -- 20	14803		236,73	3010,78	7,41E-03	86,57
20	20 -- 21	30935	3365	254,90	3346,46	7,00E-03	76,66
21	21 -- 22	32707		285,84	4089,98	6,15E-03	58,54
22	22 -- 23	34479		318,54	4921,00	5,28E-03	42,79
23	23 -- 24	36251		353,02	5844,40	4,40E-03	29,45
24	24 -- 25	38022		389,27	6865,06	3,50E-03	18,56
25	25 -- 26	39794		427,30	7987,84	2,59E-03	10,15
26	26 -- 27	37714		467,09	9217,62	1,68E-03	4,25
27	27 -- 28	39178		504,80	10432,49	8,42E-04	1,07
28			29098	573,08	11743,47	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	40,0	0,467	788,01	37,244
2	2 -- 3	587,8	162,2	0,459	3278,61	148,963
3	3 -- 4	858,1		0,426	3409,67	140,788
4	4 -- 5	995,1		0,385	3558,92	132,264
5	5 -- 6	187,3		0,345	627,37	21,836
6	6 -- 7	1063,0	1372,2	0,338	7912,68	267,317
7	7 -- 8	682,2		0,306	1983,10	59,898
8	8 -- 9	720,3		0,287	1962,22	55,544
9	9 -- 10	1554,8		0,268	3825,93	97,828
10	10 -- 11	230,4		0,233	521,64	12,272
11	11 -- 12	1476,6	1415,2	0,228	6274,38	141,603
12	12 -- 13	1859,3		0,200	3369,30	63,445
13	13 -- 14	2205,3		0,169	3359,16	53,169
14	14 -- 15	282,4		0,141	386,49	5,497
15	15 -- 16	1662,0	1458,2	0,138	4073,07	55,312
16	16 -- 17	1190,5	871,6	0,120	2355,24	27,970
17	17 -- 18	1229,4		0,108	1237,19	12,937
18	18 -- 19	1436,0		0,097	1293,32	12,103
19	19 -- 20	1480,3		0,087	1185,18	9,860
20	20 -- 21	3093,5	336,5	0,077	2304,58	16,114
21	21 -- 22	3270,7		0,059	1625,75	8,397
22	22 -- 23	3447,9		0,043	1221,84	4,499
23	23 -- 24	3625,1		0,029	853,78	2,089
24	24 -- 25	3802,2		0,019	535,53	0,784
25	25 -- 26	3979,4		0,010	281,04	0,206
26	26 -- 27	3771,4		0,004	98,41	0,027
27	27 -- 28	3917,8		0,001	20,62	0,001
28			2909,8	0,000	0,00	0,000
				Som	58343	1388

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	1,03	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	589	0,991	0,570	0,56	329,53	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,03	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	646,02	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,91	2,23
5 -- 6	3466	0,731	0,450	0,24	834,27	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,84	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,85	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,87	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,89	1,53
10 -- 11	4114	0,494	0,400	0,10	402,20	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,99	1,12
12 -- 13	652	0,396	2,850	0,45	291,12	1,13
13 -- 14	774	0,333	2,850	0,32	243,97	0,95
14 -- 15	4973	0,299	0,350	0,03	155,48	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,99	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,94	0,34
17 -- 18	894	0,220	1,375	0,07	59,36	0,30
18 -- 19	1044	0,197	1,375	0,05	55,54	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,53	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,87	0,40
21 -- 22	1189	0,109	2,750	0,03	38,53	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,65	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,59	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,60	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,95	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6404,64	19,09

m_e = 6404,6 / 11,7 = 547,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	1,03	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	103,71	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,56

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,059	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,071	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,06

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,37	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,64	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	22,61	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,13	
R^2 =	0,56	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,73	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,66

$c_s c_d$ = **1,06**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,55	1,62E+06	0,80	0,80	0,64
2	47,39	1,79E+06	0,80	0,80	0,64
3	47,09	2,08E+06	0,80	0,80	0,64
4	46,74	2,40E+06	0,80	0,80	0,64
5	46,52	2,58E+06	0,80	0,80	0,64
6	46,33	2,74E+06	0,79	0,80	0,63
7	46,06	2,95E+06	0,79	0,80	0,63
8	45,85	3,10E+06	0,79	0,80	0,63
9	45,53	3,33E+06	0,79	0,80	0,63
10	45,27	3,49E+06	0,79	0,80	0,63
11	45,03	3,64E+06	0,79	0,80	0,63
12	44,56	3,90E+06	0,79	0,80	0,63
13	44,01	4,17E+06	0,79	0,80	0,63
14	43,68	4,31E+06	0,79	0,80	0,63
15	43,42	4,42E+06	0,79	0,80	0,63
16	43,04	4,56E+06	0,79	0,80	0,63
17	42,70	4,68E+06	0,79	0,80	0,63
18	42,35	4,78E+06	0,79	0,80	0,63
19	41,97	4,89E+06	0,78	0,80	0,63
20	41,36	5,03E+06	0,78	0,80	0,63
21	40,44	5,20E+06	0,78	0,80	0,62
22	39,35	5,34E+06	0,78	0,80	0,62
23	38,03	5,42E+06	0,78	0,80	0,62
24	36,34	5,44E+06	0,78	0,80	0,62
25	34,02	5,32E+06	0,77	0,80	0,62
26	30,93	5,05E+06	0,77	0,80	0,61
27	30,93	5,24E+06	0,77	0,80	0,61

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - F en F2		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Retourstroomgeleider	21,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	54,43	0,761
1e traverse - 380C1F1	46,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	37,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	29,00	0,000
Retourstroomgeleider	21,50	2,087

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Retourstroomgeleider	21,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1247	86	1332	0,186	0,068	382	0,670
2	5536	342	5878	0,822	0,274	1633	0,716
3	8153	428	8581	1,202	0,342	2272	0,797
4	9523	428	9951	1,396	0,342	2519	0,884
5	1805	68	1873	0,238	0,054	419	0,932
6	10270	360	10630	1,352	0,288	2334	0,973
7	6609	214	6822	0,867	0,171	1461	1,025
8	6989	214	7203	0,915	0,171	1515	1,063
9	15120	428	15548	1,975	0,342	3186	1,118
10	2244	60	2304	0,293	0,048	463	1,157
11	14399	368	14766	1,875	0,294	2917	1,191
12	18165	428	18593	2,359	0,342	3557	1,248
13	21625	428	22053	2,550	0,342	3716	1,304
14	2771	53	2824	0,326	0,042	466	1,332
15	16320	300	16620	1,919	0,240	2701	1,351
16	11698	206	11905	1,374	0,165	1891	1,375
17	12088	206	12294	1,418	0,165	1915	1,393
18	14154	206	14360	1,462	0,165	1936	1,408
19	14597	206	14803	1,506	0,165	1953	1,420
20	30523	413	30935	3,142	0,330	3941	1,433
21	32295	413	32707	3,316	0,330	3955	1,438
22	34066	413	34479	3,487	0,330	3922	1,426
23	35838	413	36251	3,656	0,330	3825	1,391
24	37610	413	38022	3,822	0,330	3638	1,323
25	39382	413	39794	3,979	0,330	3308	1,203
26	37339	375	37714	3,744	0,300	2567	1,027
27	38803	375	39178	3,889	0,300	2659	1,063
	479172	8250	487422	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	65051

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2805	480	480	480	480
2	2 -- 3	3094	1947	1946	8084	2699
3	3 -- 4	3613				
4	4 -- 5	4190				
5	5 -- 6	4995				
6	6 -- 7	5315	16469	16461	27252	19474
7	7 -- 8	5745				
8	8 -- 9	6066				
9	9 -- 10	6547				
10	10 -- 11	6912				
11	11 -- 12	7232	16984	16977	27768	19990
12	12 -- 13	7829				
13	13 -- 14	9285				
14	14 -- 15	9681				
15	15 -- 16	9972	17501	17494	28285	20507
16	16 -- 17	10389	10460	10460	10460	10460
17	17 -- 18	10730				
18	18 -- 19	12533				
19	19 -- 20	12919				
20	20 -- 21	13499	4038	4036	16332	5542
21	21 -- 22	14272				
22	22 -- 23	15045				
23	23 -- 24	15818				
24	24 -- 25	16592				
25	25 -- 26	17365				
26	26 -- 27	18103				
27	27 -- 28	18806				
28			34918	34918	34918	34918

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3140 / 19900 , t = 80 mm ; G = 2910 kg
Flenzen op 27,0m : 2 * rond 1564 / 1250 , t = 80 mm ; G = 872 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 46m : 2 * rond 1112 / 842 , t = 20 mm ; G = 130 kg
Bevestigingsringen op 37,5m : 2 * rond 1435 / 1165 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 29m : 2 * rond 1758 / 1488 , t = 20 mm ; G = 216 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	670				
2	2 -- 3	716	28055	20547	49053	21620
3	3 -- 4	797				
4	4 -- 5	884				
5	5 -- 6	932				
6	6 -- 7	973	181778	157387	206114	149485
7	7 -- 8	1025				
8	8 -- 9	1063				
9	9 -- 10	1118				
10	10 -- 11	1157				
11	11 -- 12	1191	175946	156977	204493	149152
12	12 -- 13	1248				
13	13 -- 14	1304				
14	14 -- 15	1332				
15	15 -- 16	1351	168968	156514	202642	148774
16	16 -- 17	1375				
17	17 -- 18	1393				
18	18 -- 19	1408				
19	19 -- 20	1420				
20	20 -- 21	1433	47820	41218	95374	43841
21	21 -- 22	1438				
22	22 -- 23	1426				
23	23 -- 24	1391				
24	24 -- 25	1323				
25	25 -- 26	1203				
26	26 -- 27	1027				
27	27 -- 28	1063				
28						

KEMA rapport - bijlage F2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

Opmerking:
De maximale horizontale belasting is gerekend met de vectoriele som van transversale en longitudinale belastingen.

$$F_{hor} = \{ F^2_{transver.} + F^2_{longit.} \}^{0,5}$$

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1071				
2	2 -- 3	1146	36722	23812	63182	26206
3	3 -- 4	1275				
4	4 -- 5	1414				
5	5 -- 6	1491				
6	6 -- 7	1556	232343	179455	253726	177010
7	7 -- 8	1641				
8	8 -- 9	1701				
9	9 -- 10	1789				
10	10 -- 11	1852				
11	11 -- 12	1905	223760	178746	251248	176450
12	12 -- 13	1997				
13	13 -- 14	2086				
14	14 -- 15	2131				
15	15 -- 16	2161	213364	177940	248406	175818
16	16 -- 17	2200				
17	17 -- 18	2228				
18	18 -- 19	2252				
19	19 -- 20	2272				
20	20 -- 21	2293	61082	47319	122241	52792
21	21 -- 22	2301				
22	22 -- 23	2282				
23	23 -- 24	2226				
24	24 -- 25	2117				
25	25 -- 26	1925				
26	26 -- 27	1643				
27	27 -- 28	1702				
28						

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	382		0	0,00E+00	2,49E-03	76
2	2 -- 3	1633		382	1,14E+05	2,49E-03	75
3	3 -- 4	2272		2014	2,90E+06	2,48E-03	69
4	4 -- 5	2519		4286	1,20E+07	2,43E-03	62
5	5 -- 6	419		6805	2,80E+07	2,35E-03	55
6	6 -- 7	2334		7224	3,12E+07	2,33E-03	54
7	7 -- 8	1461		9559	5,16E+07	2,24E-03	49
8	8 -- 9	1515		11020	6,65E+07	2,18E-03	45
9	9 -- 10	3186		12535	8,35E+07	2,11E-03	42
10	10 -- 11	463		15721	1,24E+08	1,97E-03	36
11	11 -- 12	2917		16184	1,31E+08	1,95E-03	36
12	12 -- 13	3557		19101	1,74E+08	1,82E-03	31
13	13 -- 14	3716		22659	2,35E+08	1,65E-03	26
14	14 -- 15	466		26374	3,05E+08	1,50E-03	22
15	15 -- 16	2701		26840	3,15E+08	1,48E-03	21
16	16 -- 17	1891		29542	3,71E+08	1,37E-03	18
17	17 -- 18	1915		31432	4,14E+08	1,29E-03	16
18	18 -- 19	1936		33347	4,59E+08	1,22E-03	15
19	19 -- 20	1953		35283	5,06E+08	1,15E-03	13
20	20 -- 21	3941		37235	5,57E+08	1,08E-03	12
21	21 -- 22	3955		41177	6,65E+08	9,38E-04	9
22	22 -- 23	3922		45132	7,85E+08	7,98E-04	6
23	23 -- 24	3825		49054	9,15E+08	6,58E-04	4
24	24 -- 25	3638		52879	1,06E+09	5,19E-04	3
25	25 -- 26	3308		56517	1,21E+09	3,81E-04	1
26	26 -- 27	2567		59825	1,37E+09	2,45E-04	1
27	27 -- 28	2659		62392	1,52E+09	1,22E-04	0
28				65051	1,68E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,94E-02	1200
2	2 -- 3		28055	28055	7,46E+04	3,94E-02	1178
3	3 -- 4			28055	6,49E+07	3,91E-02	1088
4	4 -- 5			28055	1,47E+08	3,83E-02	978
5	5 -- 6			28055	2,30E+08	3,75E-02	869
6	6 -- 7		181778	209833	2,43E+08	3,74E-02	853
7	7 -- 8			209833	7,51E+08	3,63E-02	764
8	8 -- 9			209833	1,05E+09	3,54E-02	713
9	9 -- 10			209833	1,36E+09	3,43E-02	663
10	10 -- 11			209833	1,96E+09	3,20E-02	569
11	11 -- 12		175946	385779	2,05E+09	3,17E-02	556
12	12 -- 13			385779	3,00E+09	2,95E-02	481
13	13 -- 14			385779	4,11E+09	2,66E-02	401
14	14 -- 15			385779	5,22E+09	2,39E-02	329
15	15 -- 16		168968	554746	5,36E+09	2,36E-02	320
16	16 -- 17			554746	6,48E+09	2,17E-02	275
17	17 -- 18			554746	7,24E+09	2,03E-02	246
18	18 -- 19			554746	8,01E+09	1,90E-02	219
19	19 -- 20			554746	8,78E+09	1,78E-02	194
20	20 -- 21		47820	602567	9,55E+09	1,66E-02	170
21	21 -- 22			602567	1,12E+10	1,42E-02	127
22	22 -- 23			602567	1,29E+10	1,19E-02	91
23	23 -- 24			602567	1,46E+10	9,64E-03	62
24	24 -- 25			602567	1,62E+10	7,46E-03	38
25	25 -- 26			602567	1,79E+10	5,38E-03	21
26	26 -- 27			602567	1,95E+10	3,39E-03	8
27	27 -- 28			602567	2,11E+10	1,66E-03	2
28	28 -- 29			602567	2,26E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,36E-02	1037
2	2 -- 3		20547	20547	6,36E+04	3,36E-02	1018
3	3 -- 4			20547	4,76E+07	3,34E-02	942
4	4 -- 5			20547	1,08E+08	3,28E-02	847
5	5 -- 6			20547	1,69E+08	3,22E-02	755
6	6 -- 7		157387	177934	1,79E+08	3,21E-02	740
7	7 -- 8			177934	6,10E+08	3,12E-02	664
8	8 -- 9			177934	8,66E+08	3,05E-02	620
9	9 -- 10			177934	1,12E+09	2,96E-02	577
10	10 -- 11			177934	1,64E+09	2,77E-02	495
11	11 -- 12		156977	334911	1,71E+09	2,74E-02	484
12	12 -- 13			334911	2,54E+09	2,55E-02	419
13	13 -- 14			334911	3,50E+09	2,31E-02	350
14	14 -- 15			334911	4,46E+09	2,08E-02	287
15	15 -- 16		156514	491425	4,58E+09	2,06E-02	280
16	16 -- 17			491425	5,57E+09	1,89E-02	240
17	17 -- 18			491425	6,25E+09	1,78E-02	215
18	18 -- 19			491425	6,94E+09	1,66E-02	192
19	19 -- 20			491425	7,62E+09	1,55E-02	169
20	20 -- 21		41218	532643	8,30E+09	1,45E-02	149
21	21 -- 22			532643	9,77E+09	1,24E-02	112
22	22 -- 23			532643	1,12E+10	1,04E-02	80
23	23 -- 24			532643	1,27E+10	8,44E-03	54
24	24 -- 25			532643	1,42E+10	6,54E-03	34
25	25 -- 26			532643	1,57E+10	4,72E-03	18
26	26 -- 27			532643	1,71E+10	2,97E-03	7
27	27 -- 28			532643	1,85E+10	1,45E-03	2
28				532643	1,98E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,01E-02	1488
2	2 -- 3		49053	49053	9,49E+04	5,01E-02	1460
3	3 -- 4			49053	1,13E+08	4,96E-02	1346
4	4 -- 5			49053	2,55E+08	4,83E-02	1206
5	5 -- 6			49053	3,99E+08	4,68E-02	1070
6	6 -- 7		206114	255167	4,22E+08	4,66E-02	1049
7	7 -- 8			255167	1,04E+09	4,50E-02	939
8	8 -- 9			255167	1,41E+09	4,37E-02	876
9	9 -- 10			255167	1,78E+09	4,23E-02	815
10	10 -- 11			255167	2,51E+09	3,93E-02	698
11	11 -- 12		204493	459661	2,62E+09	3,89E-02	682
12	12 -- 13			459661	3,75E+09	3,61E-02	590
13	13 -- 14			459661	5,08E+09	3,26E-02	492
14	14 -- 15			459661	6,40E+09	2,93E-02	404
15	15 -- 16		202642	662303	6,56E+09	2,89E-02	393
16	16 -- 17			662303	7,90E+09	2,66E-02	338
17	17 -- 18			662303	8,82E+09	2,49E-02	303
18	18 -- 19			662303	9,73E+09	2,33E-02	269
19	19 -- 20			662303	1,07E+10	2,18E-02	238
20	20 -- 21		95374	757677	1,16E+10	2,04E-02	209
21	21 -- 22			757677	1,37E+10	1,75E-02	157
22	22 -- 23			757677	1,58E+10	1,46E-02	113
23	23 -- 24			757677	1,79E+10	1,19E-02	76
24	24 -- 25			757677	2,00E+10	9,21E-03	47
25	25 -- 26			757677	2,20E+10	6,65E-03	25
26	26 -- 27			757677	2,41E+10	4,19E-03	10
27	27 -- 28			757677	2,60E+10	2,05E-03	3
28				757677	2,79E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,25E-02	998
2	2 -- 3		21620	21620	6,15E+04	3,25E-02	980
3	3 -- 4			21620	5,00E+07	3,23E-02	906
4	4 -- 5			21620	1,13E+08	3,17E-02	815
5	5 -- 6			21620	1,77E+08	3,10E-02	725
6	6 -- 7		149485	171105	1,88E+08	3,09E-02	711
7	7 -- 8			171105	6,02E+08	3,01E-02	638
8	8 -- 9			171105	8,49E+08	2,93E-02	596
9	9 -- 10			171105	1,10E+09	2,85E-02	554
10	10 -- 11			171105	1,59E+09	2,66E-02	476
11	11 -- 12		149152	320257	1,66E+09	2,63E-02	465
12	12 -- 13			320257	2,45E+09	2,45E-02	403
13	13 -- 14			320257	3,37E+09	2,22E-02	336
14	14 -- 15			320257	4,29E+09	2,00E-02	276
15	15 -- 16		148774	469031	4,41E+09	1,97E-02	269
16	16 -- 17			469031	5,35E+09	1,82E-02	231
17	17 -- 18			469031	6,00E+09	1,70E-02	207
18	18 -- 19			469031	6,65E+09	1,59E-02	184
19	19 -- 20			469031	7,30E+09	1,49E-02	163
20	20 -- 21		43841	512872	7,95E+09	1,39E-02	143
21	21 -- 22			512872	9,37E+09	1,19E-02	107
22	22 -- 23			512872	1,08E+10	1,00E-02	77
23	23 -- 24			512872	1,22E+10	8,11E-03	52
24	24 -- 25			512872	1,36E+10	6,28E-03	32
25	25 -- 26			512872	1,50E+10	4,53E-03	17
26	26 -- 27			512872	1,65E+10	2,86E-03	7
27	27 -- 28			512872	1,77E+10	1,40E-03	2
28				512872	1,90E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,69E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,69E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,53E-05	1
4	4 -- 5				1,23E+06	2,65E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	2,09E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	2,03E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,76E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,63E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,52E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,35E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,33E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,22E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	1,12E-05	0
14	14 -- 15				1,23E+06	1,05E-05	0
15	15 -- 16				1,23E+06	1,04E-05	0
16	16 -- 17				1,23E+06	1,00E-05	0
17	17 -- 18				1,23E+06	9,78E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	9,56E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	9,38E-06	0
20	20 -- 21				8,26E+06	9,22E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,33E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	5,74E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	4,38E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	3,22E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	2,21E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,33E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	6,27E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

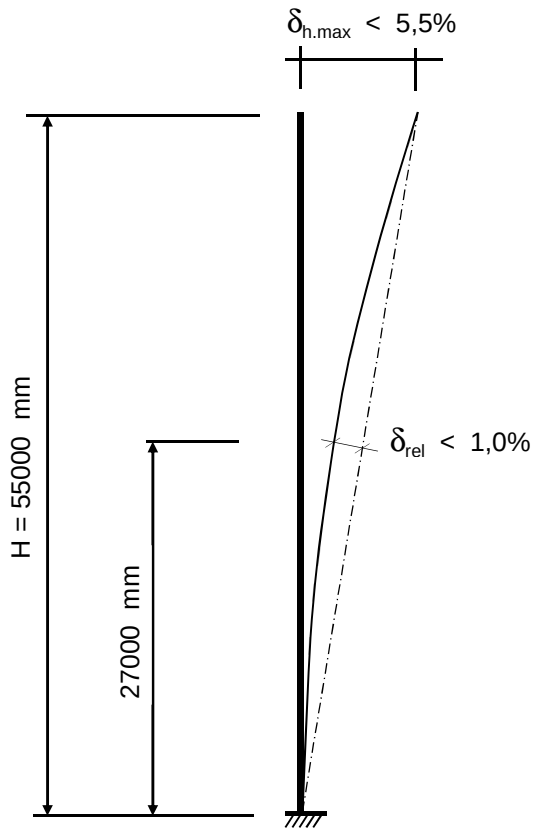
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,1E-02	1512
2	2 -- 3	5,1E-02	1483
3	3 -- 4	5,0E-02	1367
4	4 -- 5	4,9E-02	1225
5	5 -- 6	4,8E-02	1087
6	6 -- 7	4,7E-02	1066
7	7 -- 8	4,6E-02	954
8	8 -- 9	4,4E-02	890
9	9 -- 10	4,3E-02	828
10	10 -- 11	4,0E-02	709
11	11 -- 12	4,0E-02	693
12	12 -- 13	3,7E-02	600
13	13 -- 14	3,3E-02	500
14	14 -- 15	3,0E-02	410
15	15 -- 16	2,9E-02	400
16	16 -- 17	2,7E-02	344
17	17 -- 18	2,5E-02	308
18	18 -- 19	2,4E-02	274
19	19 -- 20	2,2E-02	242
20	20 -- 21	2,1E-02	213
21	21 -- 22	1,8E-02	160
22	22 -- 23	1,5E-02	115
23	23 -- 24	1,2E-02	78
24	24 -- 25	9,4E-03	48
25	25 -- 26	6,8E-03	26
26	26 -- 27	4,3E-03	11
27	27 -- 28	2,1E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1512 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,75 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 344 mm
α = 1,57 graden

δ_{rel} = 398 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,72 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	573	480	0	0,00E+00	3,71E-03	113
2	2 -- 3	2449	4026	573	1,63E+05	3,70E-03	111
3	3 -- 4	3408	11080	3021	4,26E+06	3,69E-03	102
4	4 -- 5	3778	21376	6429	1,77E+07	3,62E-03	92
5	5 -- 6	629	33317	10207	4,14E+07	3,49E-03	82
6	6 -- 7	3502	52034	10836	4,62E+07	3,46E-03	80
7	7 -- 8	2192	64791	14338	7,64E+07	3,33E-03	72
8	8 -- 9	2273	72978	16530	9,84E+07	3,24E-03	67
9	9 -- 10	4779	81621	18803	1,24E+08	3,14E-03	63
10	10 -- 11	694	100279	23582	1,84E+08	2,93E-03	54
11	11 -- 12	4375	120028	24276	1,94E+08	2,90E-03	53
12	12 -- 13	5336	137748	28652	2,58E+08	2,70E-03	46
13	13 -- 14	5574	160059	33988	3,48E+08	2,46E-03	39
14	14 -- 15	699	186523	39562	4,52E+08	2,23E-03	32
15	15 -- 16	4052	207412	40261	4,66E+08	2,20E-03	31
16	16 -- 17	2836	237815	44313	5,51E+08	2,04E-03	27
17	17 -- 18	2872	252101	47149	6,14E+08	1,92E-03	24
18	18 -- 19	2903	266854	50021	6,81E+08	1,81E-03	22
19	19 -- 20	2929	284086	52924	7,51E+08	1,71E-03	19
20	20 -- 21	5912	305888	55853	8,26E+08	1,60E-03	17
21	21 -- 22	5933	343011	61765	9,88E+08	1,40E-03	13
22	22 -- 23	5883	382259	67698	1,17E+09	1,19E-03	9
23	23 -- 24	5738	423634	73581	1,36E+09	9,81E-04	6
24	24 -- 25	5457	467135	79318	1,57E+09	7,74E-04	4
25	25 -- 26	4963	512762	84775	1,80E+09	5,68E-04	2
26	26 -- 27	3850	560515	89738	2,04E+09	3,65E-04	1
27	27 -- 28	3988	605772	93588	2,27E+09	1,81E-04	0
28			687703	97576	2,50E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,00E-02	1521
2	2 -- 3		36722	36722	0,00E+00	5,00E-02	1492
3	3 -- 4			36722	8,37E+07	4,96E-02	1378
4	4 -- 5			36722	1,88E+08	4,86E-02	1238
5	5 -- 6			36722	2,93E+08	4,76E-02	1101
6	6 -- 7		232343	269065	3,10E+08	4,74E-02	1080
7	7 -- 8			269065	9,55E+08	4,60E-02	967
8	8 -- 9			269065	1,34E+09	4,48E-02	903
9	9 -- 10			269065	1,72E+09	4,35E-02	840
10	10 -- 11			269065	2,49E+09	4,05E-02	720
11	11 -- 12		223760	492826	2,60E+09	4,01E-02	704
12	12 -- 13			492826	3,80E+09	3,73E-02	609
13	13 -- 14			492826	5,21E+09	3,37E-02	507
14	14 -- 15			492826	6,61E+09	3,03E-02	416
15	15 -- 16		213364	706190	6,79E+09	2,99E-02	405
16	16 -- 17			706190	8,20E+09	2,75E-02	348
17	17 -- 18			706190	9,17E+09	2,58E-02	311
18	18 -- 19			706190	1,01E+10	2,40E-02	277
19	19 -- 20			706190	1,11E+10	2,25E-02	245
20	20 -- 21		61082	767272	1,21E+10	2,10E-02	215
21	21 -- 22			767272	1,42E+10	1,80E-02	161
22	22 -- 23			767272	1,63E+10	1,51E-02	116
23	23 -- 24			767272	1,84E+10	1,22E-02	78
24	24 -- 25			767272	2,05E+10	9,45E-03	48
25	25 -- 26			767272	2,26E+10	6,81E-03	26
26	26 -- 27			767272	2,47E+10	4,29E-03	11
27	27 -- 28			767272	2,67E+10	2,10E-03	3
28				767272	2,86E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,80E-02	1173
2	2 -- 3		23812	23812	0,00E+00	3,80E-02	1152
3	3 -- 4			23812	5,43E+07	3,77E-02	1065
4	4 -- 5			23812	1,22E+08	3,71E-02	959
5	5 -- 6			23812	1,90E+08	3,64E-02	854
6	6 -- 7		179455	203268	2,01E+08	3,63E-02	837
7	7 -- 8			203268	6,89E+08	3,53E-02	751
8	8 -- 9			203268	9,78E+08	3,44E-02	701
9	9 -- 10			203268	1,27E+09	3,35E-02	653
10	10 -- 11			203268	1,85E+09	3,13E-02	561
11	11 -- 12		178746	382014	1,93E+09	3,10E-02	548
12	12 -- 13			382014	2,86E+09	2,89E-02	475
13	13 -- 14			382014	3,95E+09	2,62E-02	396
14	14 -- 15			382014	5,04E+09	2,36E-02	325
15	15 -- 16		177940	559954	5,18E+09	2,33E-02	317
16	16 -- 17			559954	6,30E+09	2,14E-02	272
17	17 -- 18			559954	7,07E+09	2,01E-02	243
18	18 -- 19			559954	7,84E+09	1,88E-02	217
19	19 -- 20			559954	8,61E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		47319	607273	9,38E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			607273	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			607273	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			607273	1,44E+10	9,55E-03	61
24	24 -- 25			607273	1,61E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			607273	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			607273	1,94E+10	3,37E-03	8
27	27 -- 28			607273	2,09E+10	1,65E-03	2
28				607273	2,24E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,18E-02	1831
2	2 -- 3		63182	63182	0,00E+00	6,18E-02	1795
3	3 -- 4			63182	1,44E+08	6,12E-02	1655
4	4 -- 5			63182	3,24E+08	5,95E-02	1483
5	5 -- 6			63182	5,04E+08	5,76E-02	1315
6	6 -- 7		253726	316908	5,33E+08	5,74E-02	1290
7	7 -- 8			316908	1,29E+09	5,53E-02	1154
8	8 -- 9			316908	1,74E+09	5,38E-02	1076
9	9 -- 10			316908	2,20E+09	5,20E-02	1001
10	10 -- 11			316908	3,10E+09	4,83E-02	858
11	11 -- 12		251248	568156	3,23E+09	4,78E-02	838
12	12 -- 13			568156	4,62E+09	4,44E-02	725
13	13 -- 14			568156	6,24E+09	4,00E-02	604
14	14 -- 15			568156	7,86E+09	3,60E-02	496
15	15 -- 16		248406	816562	8,06E+09	3,55E-02	483
16	16 -- 17			816562	9,69E+09	3,26E-02	415
17	17 -- 18			816562	1,08E+10	3,06E-02	372
18	18 -- 19			816562	1,19E+10	2,86E-02	331
19	19 -- 20			816562	1,31E+10	2,68E-02	293
20	20 -- 21		122241	938803	1,42E+10	2,50E-02	257
21	21 -- 22			938803	1,68E+10	2,15E-02	193
22	22 -- 23			938803	1,93E+10	1,80E-02	139
23	23 -- 24			938803	2,19E+10	1,46E-02	94
24	24 -- 25			938803	2,45E+10	1,13E-02	58
25	25 -- 26			938803	2,71E+10	8,17E-03	31
26	26 -- 27			938803	2,97E+10	5,15E-03	13
27	27 -- 28			938803	3,20E+10	2,52E-03	3
28				938803	3,44E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,83E-02	1175
2	2 -- 3		26206	26206	0,00E+00	3,83E-02	1153
3	3 -- 4			26206	5,97E+07	3,80E-02	1066
4	4 -- 5			26206	1,34E+08	3,73E-02	958
5	5 -- 6			26206	2,09E+08	3,65E-02	853
6	6 -- 7		177010	203216	2,21E+08	3,64E-02	837
7	7 -- 8			203216	7,09E+08	3,54E-02	751
8	8 -- 9			203216	9,98E+08	3,45E-02	701
9	9 -- 10			203216	1,29E+09	3,35E-02	652
10	10 -- 11			203216	1,87E+09	3,13E-02	560
11	11 -- 12		176450	379666	1,95E+09	3,10E-02	547
12	12 -- 13			379666	2,88E+09	2,89E-02	474
13	13 -- 14			379666	3,96E+09	2,61E-02	395
14	14 -- 15			379666	5,04E+09	2,35E-02	324
15	15 -- 16		175818	555484	5,18E+09	2,32E-02	316
16	16 -- 17			555484	6,29E+09	2,14E-02	272
17	17 -- 18			555484	7,05E+09	2,00E-02	243
18	18 -- 19			555484	7,81E+09	1,87E-02	216
19	19 -- 20			555484	8,58E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		52792	608276	9,34E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			608276	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			608276	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			608276	1,44E+10	9,54E-03	61
24	24 -- 25			608276	1,60E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			608276	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			608276	1,94E+10	3,36E-03	8
27	27 -- 28			608276	2,09E+10	1,65E-03	2
28				608276	2,24E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,63E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,63E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,24E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,18E-05	1
5	5 -- 6				1,48E+06	2,51E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,44E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	2,11E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,95E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,82E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,62E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,59E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,46E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,34E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,26E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,25E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,20E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,17E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,15E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	1,13E-05	0
20	20 -- 21				9,91E+06	1,11E-05	0
21	21 -- 22				9,91E+06	8,80E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	6,89E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	5,26E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	3,86E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	2,65E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	1,60E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	7,53E-07	0
28					9,91E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,16	63,35	6,20
3	3 -- 4	17,22	64,09	151,48
4	4 -- 5	27,51	65,11	335,59
5	5 -- 6	39,45	66,24	522,78
6	6 -- 7	68,95	320,16	552,63
7	7 -- 8	81,71	321,21	1322,27
8	8 -- 9	89,90	321,87	1780,46
9	9 -- 10	98,54	322,55	2239,61
10	10 -- 11	117,20	323,98	3160,92
11	11 -- 12	147,73	575,44	3290,55
12	12 -- 13	165,45	576,75	4701,99
13	13 -- 14	187,76	578,35	6348,01
14	14 -- 15	214,23	580,02	7998,70
15	15 -- 16	245,90	828,64	8201,74
16	16 -- 17	276,30	829,86	9860,24
17	17 -- 18	290,59	830,71	11001,87
18	18 -- 19	305,34	831,57	12144,69
19	19 -- 20	322,57	832,44	13288,69
20	20 -- 21	356,67	955,56	14467,97
21	21 -- 22	393,79	957,33	17098,20
22	22 -- 23	433,04	959,11	19733,31
23	23 -- 24	474,42	960,88	22373,30
24	24 -- 25	517,92	962,60	25018,08
25	25 -- 26	563,54	964,24	27667,47
26	26 -- 27	611,30	965,72	30321,17
27	27 -- 28	656,55	966,88	32736,92
28		738,49	968,08	35155,61

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 825	6,20	10,16	29	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	151,48	17,22	116	153,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	335,59	27,51	142	341,8	2389,4	0,15
4	500 / 825	522,78	39,45	138	534,4	3197,9	0,17
5	825 / 1366	552,63	68,95	21	565,7	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1322,27	81,71	112	1344,5	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1780,46	89,90	64	1808,5	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2239,61	98,54	62	2273,8	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3160,92	117,20	118	3208,9	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3290,55	147,73	16	3340,9	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4701,99	165,45	94	4767,8	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6348,01	187,76	100	6432,6	9963,0	0,65
13	1366 / 1669	7998,70	214,23	90	8102,5	12754,5	0,64
14	1366 / 1669	8201,74	245,90	10	8308,1	12990,9	0,65
15	1366 / 1669	9860,24	276,30	56	9982,2	14382,9	0,70
16	1366 / 1669	11001,87	290,59	36	11134,3	15381,0	0,73
17	1366 / 1669	12144,69	305,34	34	12287,4	16412,6	0,76
18	1669/ 2590	13288,69	322,57	32	13441,5	19757,0	0,69
19	1669/ 2590	14467,97	356,67	29	14631,3	21002,1	0,70
20	1669/ 2590	17098,20	393,79	53	17282,4	23606,5	0,74
21	1669/ 2590	19733,31	433,04	45	19937,0	26363,2	0,76
22	1669/ 2590	22373,30	474,42	37	22594,7	29272,1	0,78
23	1669/ 2590	25018,08	517,92	30	25254,8	32333,2	0,79
24	1669/ 2590	27667,47	563,54	22	27916,7	35546,6	0,79
25	1669/ 2590	30321,17	611,30	15	30579,7	38912,2	0,80
26	1669/ 2590	32736,92	656,55	8	33000,7	42104,0	0,79
27	1669/ 2590	35155,61	738,49	3	35421,3	45421,5	0,79

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
522	18,0	28,98	0,81	355	355
608	18,0	33,79	0,81	355	355
717	18,0	39,81	0,81	355	355
825	18,0	45,83	0,81	355	355
842	20,0	42,10	0,81	355	355
933	20,0	46,66	0,81	355	355
987	20,0	49,37	0,81	355	355
1042	20,0	52,08	0,81	355	355
1150	20,0	57,49	0,81	355	355
1165	20,0	58,25	0,81	355	355
1258	20,0	62,91	0,81	342	355
1366	20,0	68,32	0,81	323	355
1475	22,0	67,03	0,81	327	355
1488	22,0	67,64	0,81	325	355
1564	22,0	71,09	0,81	315	355
1616	22,0	73,47	0,81	308	355
1669	22,0	75,84	0,81	302	355
1721	25,0	68,83	0,81	322	355
1773	25,0	70,92	0,81	315	355
1878	25,0	75,10	0,81	304	355
1982	25,0	79,28	0,81	293	355
2087	25,0	83,46	0,81	284	355
2191	25,0	87,64	0,81	275	355
2296	25,0	91,82	0,81	268	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	355
2495	25,0	99,80	0,81	255	355
2590	25,0	103,60	0,81	249	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 825	1,96	0,36	355	355	0,01
2	500 / 825	37,51	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,79	0,75	355	355	0,17
4	500 / 825	68,27	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,73	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	116,27	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	132,93	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	149,26	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	179,78	1,73	355	355	0,51
10	825 / 1366	167,25	2,07	355	355	0,48
11	825 / 1366	217,31	2,21	355	342	0,62
12	825 / 1366	248,96	2,31	355	323	0,71
13	1366 / 1669	243,46	2,22	355	327	0,69
14	1366 / 1669	229,12	2,44	355	325	0,65
15	1366 / 1669	259,08	2,66	355	315	0,74
16	1366 / 1669	265,68	2,68	355	308	0,76
17	1366 / 1669	274,47	2,73	355	302	0,78
18	1669/ 2590	249,19	2,46	355	322	0,71
19	1669/ 2590	254,93	2,64	355	315	0,73
20	1669/ 2590	275,31	2,79	355	304	0,78
21	1669/ 2590	283,49	2,89	355	293	0,81
22	1669/ 2590	288,54	3,01	355	284	0,82
23	1669/ 2590	291,24	3,12	355	275	0,83
24	1669/ 2590	292,16	3,23	355	268	0,84
25	1669/ 2590	291,74	3,35	355	261	0,83
26	1669/ 2590	289,32	3,45	355	255	0,83
27	1669/ 2590	287,44	3,73	355	249	0,82

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

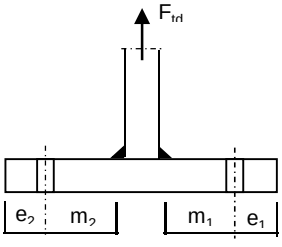
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

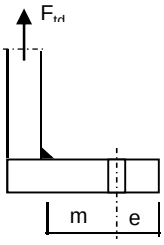
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

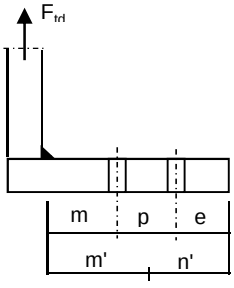
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,60	11,00	28	M 48 - 8,8	848,4	0,72
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	792,02	23,05	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN-EN 1993-1-8 ,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2900,00	2230,00	148,2	120,0	120,0			159,2
2900,00	2230,00	148,2	120,0	120,0			207,1
flenzen op 25,0 m hoogte.							
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	8,53E+07	2303,27	1395,59	1696,90	1395,59	1229,21	0,88
80	1,11E+08	2995,28	1586,79	1696,90	1586,79	1229,21	0,77
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	1060,56	996,13	792,02	0,80
80	6,41E+07	1878,90	996,13	1060,56	996,13	792,02	0,80
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2590	1,03	1,545	0,18	8,86

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	467	1,000		1,000			
2	459	0,982	1 -- 2	0,991	133	202	588,5
3	426	0,912	2 -- 3	0,947	588		257,8
4	385	0,824	3 -- 4	0,868	858		301,1
5	345	0,738	4 -- 5	0,781	995		349,2
6	338	0,725	5 -- 6	0,731	187	1372	3465,6
7	306	0,655	6 -- 7	0,690	1063		442,9
8	287	0,615	7 -- 8	0,635	682		478,8
9	268	0,575	8 -- 9	0,595	720		505,5
10	233	0,499	9 -- 10	0,537	1555		545,5
11	228	0,489	10 -- 11	0,494	230	1415	4114,1
12	200	0,429	11 -- 12	0,459	1477		602,7
13	169	0,363	12 -- 13	0,396	1859		652,4
14	141	0,302	13 -- 14	0,333	2205		773,8
15	138	0,295	14 -- 15	0,299	282	1458	4973,2
16	120	0,257	15 -- 16	0,276	1662	872	1266,8
17	108	0,232	16 -- 17	0,244	1190		865,8
18	97	0,208	17 -- 18	0,220	1229		894,1
19	87	0,185	18 -- 19	0,197	1436		1044,4
20	77	0,164	19 -- 20	0,175	1480	337	1321,3
21	59	0,125	20 -- 21	0,145	3094		1124,9
22	43	0,092	21 -- 22	0,109	3271		1189,3
23	29	0,063	22 -- 23	0,077	3448		1253,8
24	19	0,040	23 -- 24	0,051	3625		1318,2
25	10	0,022	24 -- 25	0,031	3802		1382,6
26	4	0,009	25 -- 26	0,015	3979		1447,1
27	1	0,002	26 -- 27	0,006	3771		1508,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3918	2910	2731,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	589	0,991	0,570	0,56	329,53	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,03	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	646,02	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,91	2,23
5 -- 6	3466	0,731	0,450	0,24	834,27	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,84	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,85	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,87	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,89	1,53
10 -- 11	4114	0,494	0,400	0,10	402,20	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,99	1,12
12 -- 13	652	0,396	2,850	0,45	291,12	1,13
13 -- 14	774	0,333	2,850	0,32	243,97	0,95
14 -- 15	4973	0,299	0,350	0,03	155,48	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,99	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,94	0,34
17 -- 18	894	0,220	1,375	0,07	59,36	0,30
18 -- 19	1044	0,197	1,375	0,05	55,54	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,53	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,87	0,40
21 -- 22	1189	0,109	2,750	0,03	38,53	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,65	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,59	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,60	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,95	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6404,64	19,09

m_e = 6404,6 / 11,7 = 547,8 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2590	547,8	0,030	1,25	1,545	11,0

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 11,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,09 / (4 * π * 11,69) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,545 * 8,86 / $15*10^{-6}$ = 9,1E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,27 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,94 / 19,09 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,091 * 0,130 * 0,42 * 0,2 = 0,030

$y_{F;max}$ = 1,545 * 0,030 = 0,047 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		188493	188493	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			188493	1,07E+08	5,3E-02	970
3	3 -- 4			188493	5,37E+08	5,0E-02	852
4	4 -- 5			188493	1,07E+09	4,4E-02	718
5	5 -- 6			188493	1,61E+09	3,8E-02	601
6	6 -- 7			188493	1,70E+09	3,7E-02	584
7	7 -- 8			188493	2,15E+09	3,3E-02	500
8	8 -- 9			188493	2,42E+09	3,0E-02	455
9	9 -- 10			188493	2,69E+09	2,8E-02	413
10	10 -- 11			188493	3,22E+09	2,4E-02	339
11	11 -- 12			188493	3,30E+09	2,4E-02	329
12	12 -- 13			188493	3,76E+09	2,0E-02	275
13	13 -- 14			188493	4,30E+09	1,7E-02	221
14	14 -- 15			188493	4,83E+09	1,5E-02	176
15	15 -- 16			188493	4,90E+09	1,4E-02	171
16	16 -- 17			188493	5,28E+09	1,3E-02	144
17	17 -- 18			188493	5,54E+09	1,2E-02	127
18	18 -- 19			188493	5,80E+09	1,1E-02	112
19	19 -- 20			188493	6,06E+09	9,7E-03	98
20	20 -- 21			188493	6,31E+09	8,9E-03	86
21	21 -- 22			188493	6,83E+09	7,4E-03	63
22	22 -- 23			188493	7,35E+09	6,0E-03	45
23	23 -- 24			188493	7,87E+09	4,8E-03	30
24	24 -- 25			188493	8,39E+09	3,6E-03	18
25	25 -- 26			188493	8,91E+09	2,6E-03	10
26	26 -- 27			188493	9,42E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			188493	9,90E+09	7,7E-04	1
28	28 -- 29			188493	1,04E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	18,0	3466902	31	0,0468	2,9
2	608	18,0	4784830	112	0,0468	10,5
3	717	18,0	6730689	160	0,0468	14,9
4	825	18,0	9008164	179	0,0468	16,7
5	842	20,0	10367648	164	0,0468	15,3
6	933	20,0	12824815	168	0,0468	15,7
7	987	20,0	14407388	168	0,0468	15,7
8	1042	20,0	16082078	167	0,0468	15,6
9	1150	20,0	19707810	164	0,0468	15,3
10	1165	20,0	20246171	163	0,0468	15,2
11	1258	20,0	23702011	159	0,0468	14,8
12	1366	20,0	28064684	153	0,0468	14,3
13	1475	22,0	35928268	135	0,0468	12,6
14	1488	22,0	36593954	134	0,0468	12,5
15	1564	22,0	40515138	130	0,0468	12,2
16	1616	22,0	43326738	128	0,0468	12,0
17	1669	22,0	46232682	125	0,0468	11,7
18	1721	25,0	55653435	109	0,0468	10,2
19	1773	25,0	59160831	107	0,0468	10,0
20	1878	25,0	66497249	103	0,0468	9,6
21	1982	25,0	74262503	99	0,0468	9,3
22	2087	25,0	82456593	95	0,0468	8,9
23	2191	25,0	91079518	92	0,0468	8,6
24	2296	25,0	100131278	89	0,0468	8,3
25	2400	25,0	109611876	86	0,0468	8,0
26	2495	25,0	118602731	83	0,0468	7,8
27	2590	25,0	127947996	81	0,0468	7,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 1,03 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 8,86 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 50,365 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,16

$V_m(z)$ = 31,3 m/s

V_o = 31,3 * 20 / 100 = 6,25 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,03 * [8,86 / 6,25]^2 * \exp[-(8,86 / 6,25)^2]$ = 2,67E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

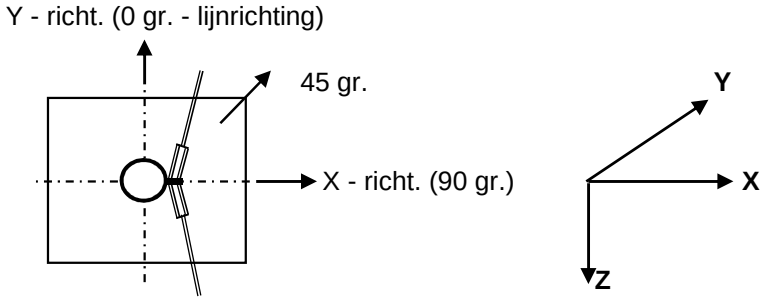
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling Knoop		$\gamma * \Delta\sigma =$ in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
3	Lasnaad	12,60	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
4	Lasnaad	17,92	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
5	Lasnaad	20,08	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
7	Lasnaad	18,81	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
9	Lasnaad	18,75	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
10	Lasnaad	18,36	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
12	Lasnaad	17,81	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
13	Lasnaad	17,19	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
14	Lasnaad	15,11	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
16	flenzen	14,62	35	19,25	1,000E+10	2,67E+08	0,03
18	Lasnaad	14,07	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
20	Lasnaad	11,98	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
21	Lasnaad	11,54	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
22	Lasnaad	11,11	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
23	Lasnaad	10,71	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
24	Lasnaad	10,34	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
25	Lasnaad	9,99	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
26	Lasnaad	9,65	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
27	Lasnaad	9,37	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
28	voetplaat	9,10	35	19,25	1,000E+10	2,67E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			637			
2 - Windbelasting mast	104				2671	
3 - Belasting geval 1a	767		51		28588	
4 - Belasting geval 1b	607		51		22442	
5 - Belasting geval 3	939		101		34404	
6 - Belasting geval 4	608		62		22433	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	871		688		31259	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	627		688		22942	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	968		**738**		**35156**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	628		699		22934	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	29425	kNm	35156	kNm	35156	kNm
Dwarskracht	823	kN	968	kN	968	kN
Verticale kracht	573	kN	738	kN	516	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,60	11,00	28	M 48 - 8,8	848,45	0,72
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	514,92	9,35	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 614,6 kN

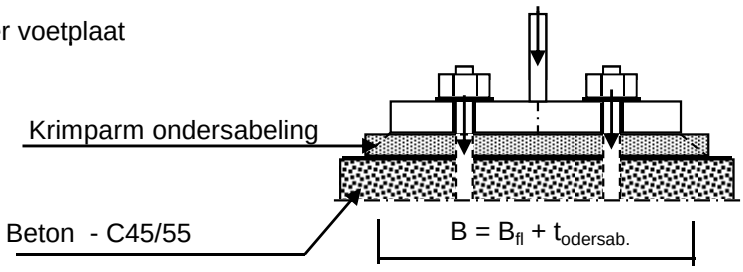
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 514,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 631,4 + 1,00 * 514,9 = 1146,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

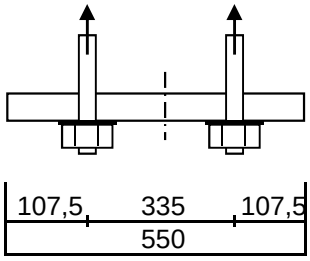
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	575,0	mm	D =	2565	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	615,0	mm			

A_{voetpl} = 615 * 2*π*D / n = 112631 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

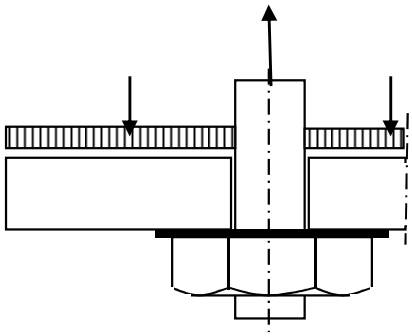


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 550 * $2*\pi*D / n$ = 100727 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 107,5 mm
L_{veld} = 335 mm

t = 35 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 70512 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2044 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100677 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100677 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2044 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 108719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 7174 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 100677 / 108718,8 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,7 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2044 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,4 N/mm^2

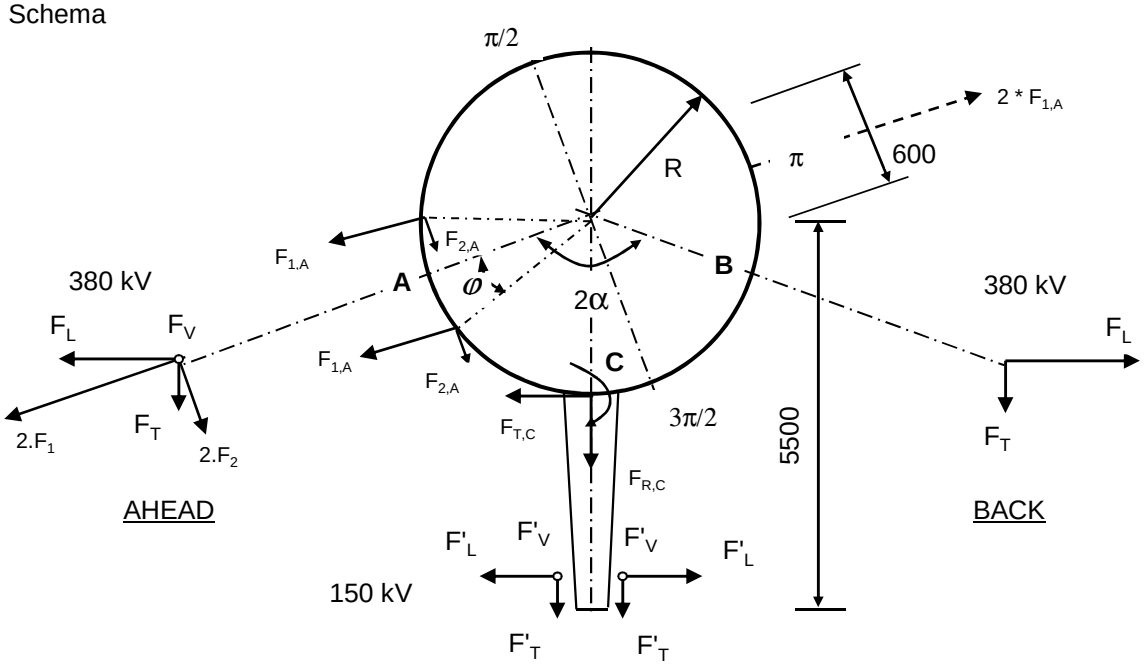
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (328,7^2 + 3*58,4^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 344 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\sin\alpha + F_{T,Ah}.\cos\alpha) / 4$; $F_{1;B} = 0$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\cos\alpha - F_{T,Ah}.\sin\alpha) / 4$; $F_{2;B} = 0$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = 0$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

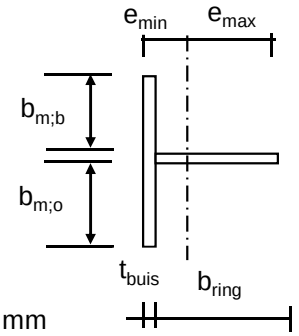
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

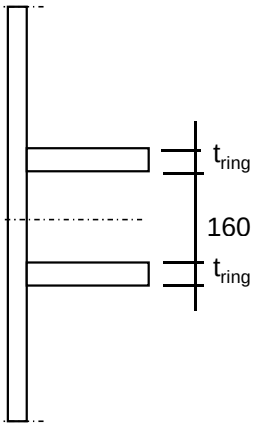
Opmerking:
In mast W2E350+5 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 46,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	8918	mm^2	
e_{min} =	33,5	mm	
e_{max} =	121,5	mm	
I =	15614845	mm^4	
W_{min} =	128480	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2111	kN	
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	4907	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 46,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix F
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14916	118454	199880	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 842 mm

R = 421,0 mm

Mast 1 : Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden

Mast 6 : Lijnhoek = 2. α = 169,9 graden

Mast 101 : Lijnhoek = 2. α = 164,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (421+80)) = 36,8 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	58,0	116,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	126,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,4	74,7	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	117,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	3,3					
	0,5					
	-0,8					
	-2,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

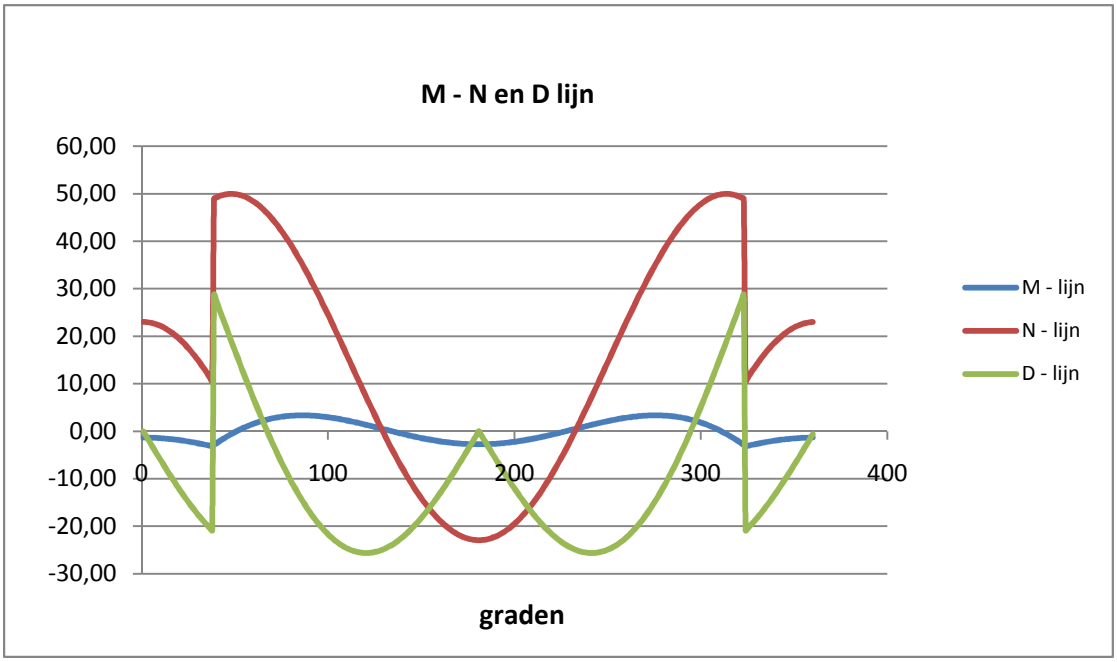
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-1,35	22,97	0,00	0,33	3,81
15,0	-1,68	20,82	-9,61	0,92	10,71
30,0	-2,59	14,61	-17,86	1,48	17,29
45,0	-1,11	49,88	21,33	2,77	32,37
60,0	1,66	48,11	6,07	1,40	16,30
75,0	3,06	41,69	-7,24	0,20	2,36
90,0	3,26	31,71	-17,41	0,71	8,26
105,0	2,55	19,58	-23,65	1,27	14,84
120,0	1,28	6,82	-25,65	1,47	17,16
135,0	-0,19	-5,03	-23,52	1,33	15,53
150,0	-1,52	-14,61	-17,86	0,92	10,71
165,0	-2,44	-20,82	-9,61	0,33	3,81
180,0	-2,76	-22,97	0,00	0,33	3,81
195,0	-2,44	-20,82	-9,61	0,92	10,71
210,0	-1,52	-14,61	-17,86	1,33	15,53
225,0	-0,19	-5,03	-23,52	1,47	17,16
240,0	1,28	6,82	-25,65	1,27	14,84
255,0	2,55	19,58	-23,65	0,71	8,26
270,0	3,26	31,71	-17,41	0,20	2,36
285,0	3,06	41,69	-7,24	1,40	16,30
300,0	1,66	48,11	6,07	2,77	32,37
315,0	-1,11	49,88	21,33	1,48	17,29
330,0	-2,59	14,61	-17,86	0,92	10,71
345,0	-1,68	20,82	-9,61	0,32	3,79
360,0	-1,35	22,96	-0,66	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	49,9	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	3,31	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,7	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 49,94 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 3,31 / 30,4 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 25,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,71 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,6 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 35,35

V_{Ed} = 14,42

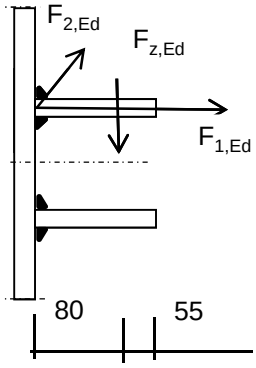
$\sigma_b + \sigma_N$ = 25,8 + 4,0 = 29,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 5,3 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 31 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	63,43	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	0,54	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	32,37	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 0,34 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 20,23 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,96 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 138,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

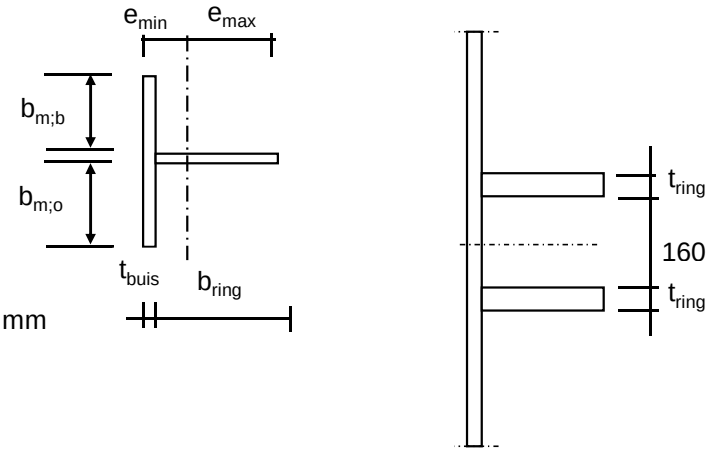
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 138,6 / 302,2 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 67,0 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8918	mm^2
e_{min} =	33,5	mm
e_{max} =	121,5	mm
I =	15614845	mm^4
W_{min} =	128480	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm
$M_{w;Rd}$ =	9583	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 37,5 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 46 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14916	118454	199880	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1165 mm

R = 582,5 mm

Mast 1 : Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden

Mast 6 : Lijnhoek = 2. α = 169,9 graden

Mast 101 : Lijnhoek = 2. α = 164,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 27 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	58,0	116,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	126,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,4	74,7	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	117,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	3,3					
	0,5					
	-0,8					
	-2,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

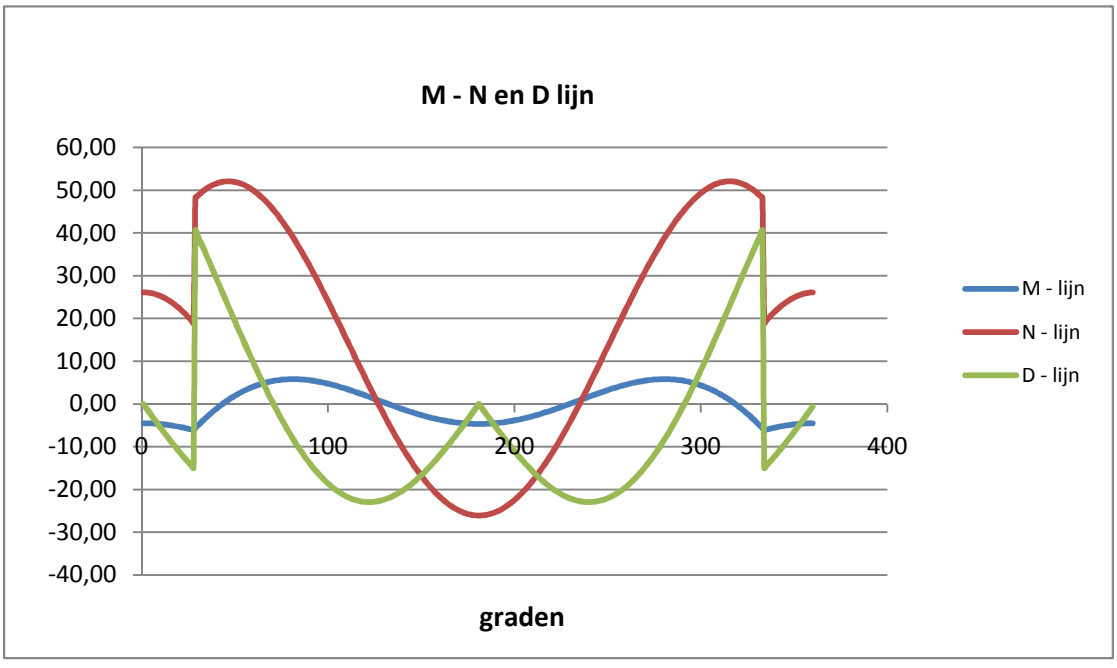
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-4,53	26,12	0,00	0,51	6,00
15,0	-5,04	23,87	-8,80	0,25	2,89
30,0	-4,79	49,05	38,65	5,52	64,42
45,0	0,73	52,11	23,56	3,46	40,35
60,0	4,18	49,68	8,80	1,49	17,39
75,0	5,67	42,50	-4,19	0,20	2,28
90,0	5,48	31,71	-14,26	1,45	16,97
105,0	4,02	18,77	-20,61	2,20	25,70
120,0	1,82	5,25	-22,92	2,41	28,18
135,0	-0,59	-7,26	-21,29	2,13	24,89
150,0	-2,72	-17,34	-16,28	1,45	16,95
165,0	-4,18	-23,87	-8,80	0,51	6,00
180,0	-4,69	-26,12	0,00	0,51	6,00
195,0	-4,18	-23,87	-8,80	1,45	16,95
210,0	-2,72	-17,34	-16,28	2,13	24,89
225,0	-0,59	-7,26	-21,29	2,41	28,18
240,0	1,82	5,25	-22,92	2,20	25,70
255,0	4,02	18,77	-20,61	1,45	16,97
270,0	5,48	31,71	-14,26	0,20	2,28
285,0	5,67	42,50	-4,19	1,49	17,39
300,0	4,18	49,68	8,80	3,46	40,35
315,0	0,73	52,11	23,56	5,52	64,42
330,0	-4,79	49,05	38,65	0,25	2,89
345,0	-5,04	23,87	-8,80	0,51	5,97
360,0	-4,53	26,11	-0,60	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	52,1	kN		N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	6,14	kNm		M_{Rd} =	30	kNm
$V_{Ed;max}$ =	40,6	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 52,11 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 5,8 N/mm²

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 6,14 / 30,4 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 47,8 N/mm²

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 40,60 / 369 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 15,0 N/mm²

Bij maximale moment : N_{Ed} = 18,96
V_{Ed} = 14,95

$\sigma_b + \sigma_N$ = 47,8 + 2,1 = 49,9 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 5,5 N/mm²

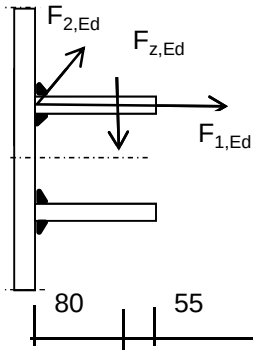
$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 51 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	63,43	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	0,54	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	64,42	kN



$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm
of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm²

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 0,34 N/mm²

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 40,26 N/mm²

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm²

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,96 N/mm²

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 151,3 N/mm²

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

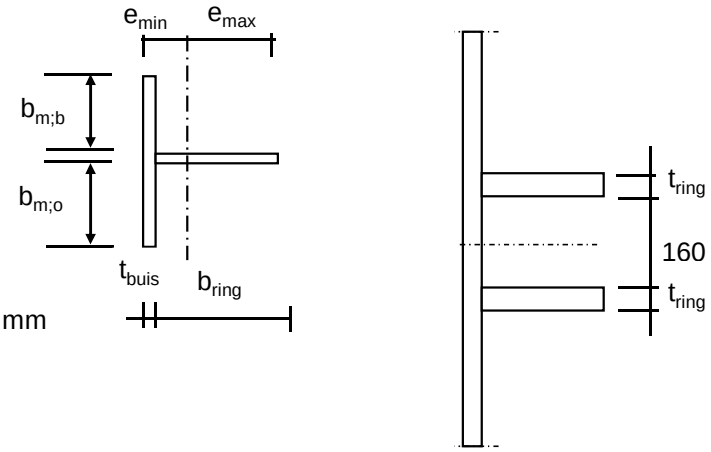
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 151,3 / 302,2 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 67,0 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 29,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	10004	mm^2
e_{min} =	32,2	mm
e_{max} =	124,8	mm
I =	16542576	mm^4
W_{min} =	132539	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm
$M_{w;Rd}$ =	17321	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 29,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 46 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14916	118454	199880	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1488 mm

R = 744,0 mm

Mast 1 : Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden

Mast 6 : Lijnhoek = 2. α = 169,9 graden

Mast 101 : Lijnhoek = 2. α = 164,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 125,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (744+80)) = 21,4 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	58,0	116,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	126,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,4	74,7	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	117,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	3,3					
	0,5					
	-0,8					
	-2,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

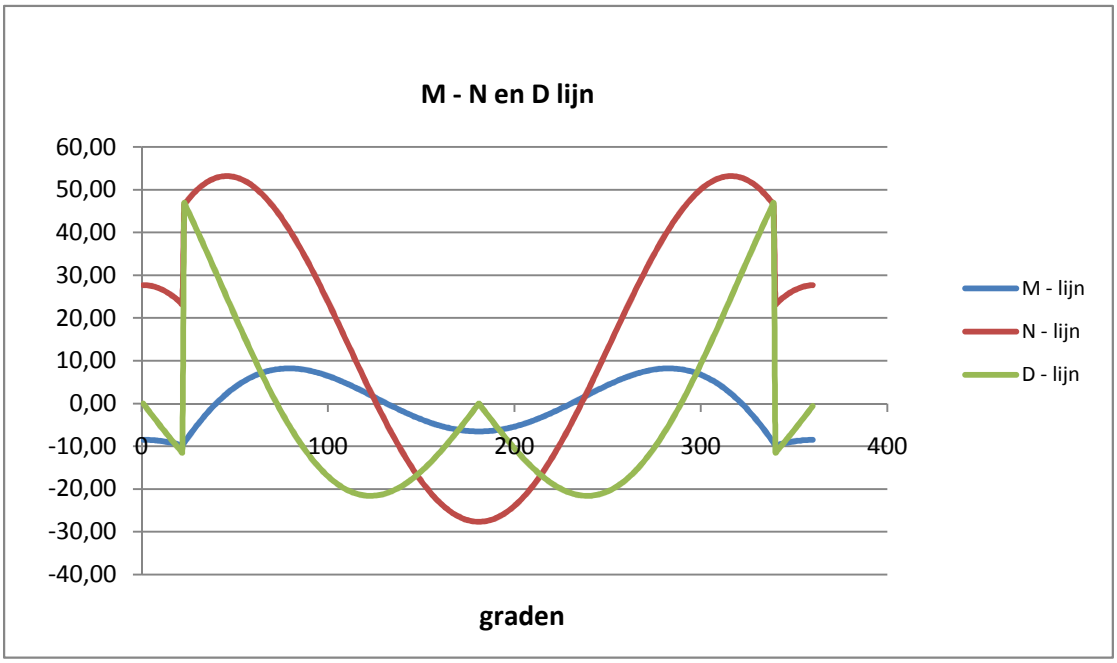
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-8,52	27,69	0,00	0,70	7,67
15,0	-9,22	25,38	-8,39	4,71	51,91
30,0	-4,51	50,41	39,43	6,86	75,62
45,0	2,36	53,22	24,67	4,17	45,99
60,0	6,53	50,47	10,15	1,62	17,86
75,0	8,15	42,91	-2,68	0,55	6,07
90,0	7,60	31,71	-12,69	2,16	23,79
105,0	5,44	18,36	-19,10	3,09	34,08
120,0	2,35	4,46	-21,56	3,33	36,64
135,0	-0,98	-8,37	-20,18	2,91	32,05
150,0	-3,89	-18,70	-15,50	1,97	21,72
165,0	-5,86	-25,38	-8,39	0,70	7,67
180,0	-6,56	-27,69	0,00	0,70	7,67
195,0	-5,86	-25,38	-8,39	1,97	21,72
210,0	-3,89	-18,70	-15,50	2,91	32,05
225,0	-0,98	-8,37	-20,18	3,33	36,64
240,0	2,35	4,46	-21,56	3,09	34,08
255,0	5,44	18,36	-19,10	2,16	23,79
270,0	7,60	31,71	-12,69	0,55	6,07
285,0	8,15	42,91	-2,68	1,62	17,86
300,0	6,53	50,47	10,15	4,17	45,99
315,0	2,36	53,22	24,67	6,86	75,62
330,0	-4,51	50,41	39,43	4,71	51,91
345,0	-9,22	25,38	-8,39	0,69	7,64
360,0	-8,53	27,68	-0,57	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	53,2	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	9,87	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$V_{Ed;max}$ =	46,9	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 53,22 / 2367 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 9,87 / 31,4 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 74,5 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 46,87 / 369 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 17,4 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 23,20

V_{Ed} = 11,46

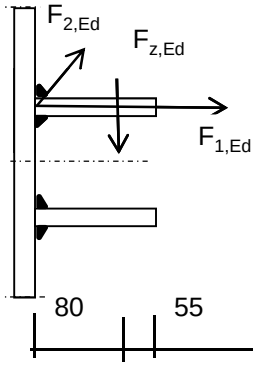
$\sigma_b + \sigma_N$ = 74,5 + 2,3 = 76,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 4,2 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 77 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	63,43	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	0,54	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	75,62	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 0,34 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 47,26 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,96 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 157,3 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

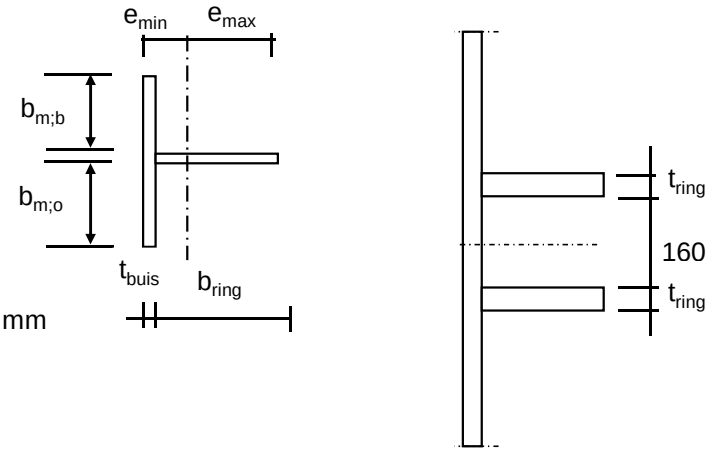
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 157,3 / 302,2 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 67,0 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.1.4 - Afspanpunt trekisolatoren op 49,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	18	mm
$t_{buis;reken}$ =	18	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	189,8	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	7316	mm^2
e_{min} =	26,7	mm
e_{max} =	96,3	mm
I =	7733172,9	mm^4
W_{min} =	80263	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y;Rd}$ =	19	kNm
$M_{w;Rd}$ =	3116	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 49,5 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 709 mm

R = 354,5 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (355+50)) = 47,9 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

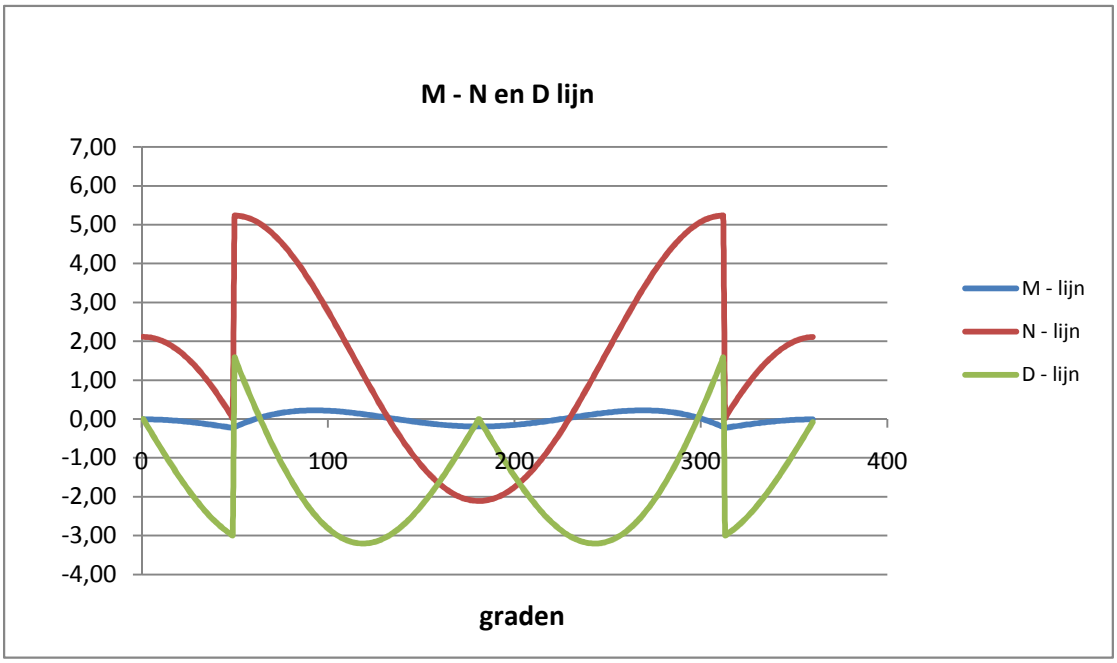
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,01	2,11	0,00	0,03	0,28
15,0	-0,03	1,89	-1,17	0,07	0,77
30,0	-0,10	1,25	-2,18	0,10	1,10
45,0	-0,20	0,26	-2,90	0,20	2,20
60,0	0,00	5,10	0,30	0,17	1,83
75,0	0,16	4,49	-1,21	0,06	0,64
90,0	0,22	3,50	-2,34	0,03	0,30
105,0	0,19	2,27	-3,02	0,08	0,90
120,0	0,11	0,96	-3,20	0,11	1,16
135,0	0,01	-0,26	-2,90	0,10	1,10
150,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,07	0,77
165,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,03	0,28
180,0	-0,19	-2,11	0,00	0,03	0,28
195,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,07	0,77
210,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,10	1,10
225,0	0,01	-0,26	-2,90	0,11	1,16
240,0	0,11	0,96	-3,20	0,08	0,90
255,0	0,19	2,27	-3,02	0,03	0,30
270,0	0,22	3,50	-2,34	0,06	0,64
285,0	0,16	4,49	-1,21	0,17	1,83
300,0	0,00	5,10	0,30	0,20	2,20
315,0	-0,20	0,26	-2,90	0,10	1,10
330,0	-0,10	1,25	-2,18	0,07	0,77
345,0	-0,03	1,89	-1,17	0,03	0,28
360,0	-0,01	2,11	-0,08	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 7733173 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,2	kN	N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,22	kNm	M_{Rd} =	19	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,2	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,23 / 1732 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,22 / 19,0 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 2,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,20 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 0,03

V_{Ed} = 2,99

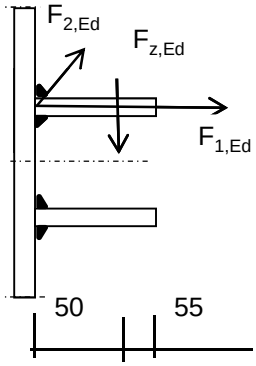
$\sigma_b + \sigma_N$ = 2,8 + 0,0 = 2,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 1,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	2,20	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,20 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 94,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

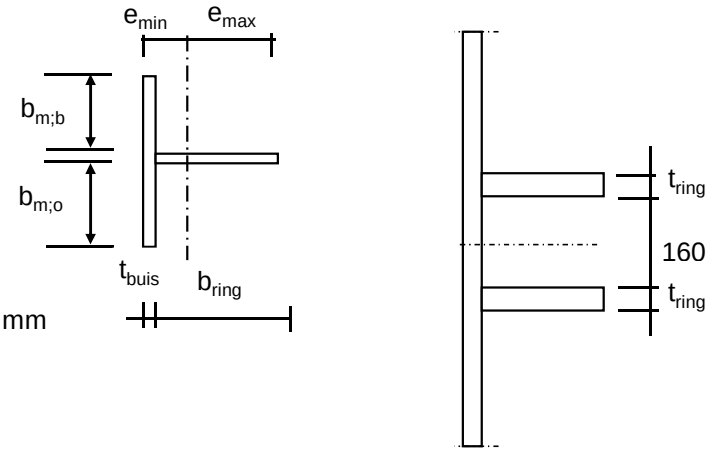
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	94,6	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Afspanpunt trekisolatoren op 41,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	8318	mm^2	
e_{min} =	25,8	mm	
e_{max} =	99,2	mm	
I =	8268707,8	mm^4	
W_{min} =	83337	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	1969	kN	
$M_{y;Rd}$ =	20	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	7470	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN	

Belastingen - bevestiging op 41,0 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1032 mm

R = 516,0 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (516+50)) = 32,0 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

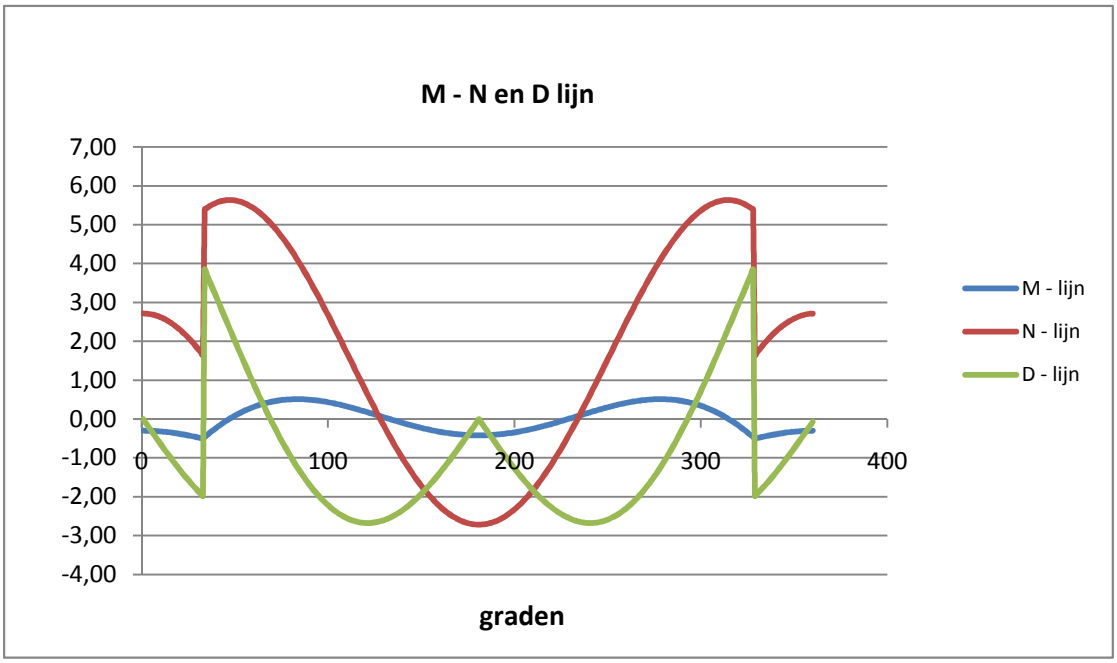
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,30	2,72	0,00	0,05	0,52
15,0	-0,35	2,47	-1,01	0,13	1,47
30,0	-0,48	1,77	-1,88	0,45	4,90
45,0	-0,03	5,63	2,48	0,36	3,92
60,0	0,32	5,40	0,83	0,17	1,83
75,0	0,49	4,65	-0,62	0,00	0,03
90,0	0,49	3,50	-1,74	0,12	1,32
105,0	0,37	2,11	-2,44	0,19	2,14
120,0	0,18	0,66	-2,67	0,22	2,40
135,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,19	2,15
150,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,13	1,47
165,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,05	0,52
180,0	-0,42	-2,72	0,00	0,05	0,52
195,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,13	1,47
210,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,19	2,15
225,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,22	2,40
240,0	0,18	0,66	-2,67	0,19	2,14
255,0	0,37	2,11	-2,44	0,12	1,32
270,0	0,49	3,50	-1,74	0,00	0,03
285,0	0,49	4,65	-0,62	0,17	1,83
300,0	0,32	5,40	0,83	0,36	3,92
315,0	-0,03	5,63	2,48	0,45	4,90
330,0	-0,48	1,77	-1,88	0,13	1,47
345,0	-0,35	2,47	-1,01	0,05	0,52
360,0	-0,30	2,72	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,6	kN	N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,51	kNm	M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,8	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,64 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,51 / 19,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 6,1 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,85 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 4,08

V_{Ed} = 1,27

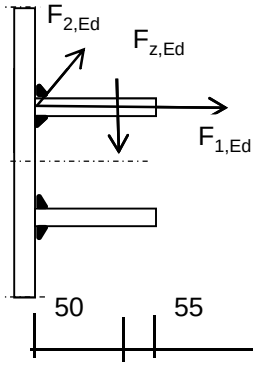
$\sigma_b + \sigma_N$ = 6,1 + 0,5 = 6,6 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	4,90	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 4,90 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,1	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

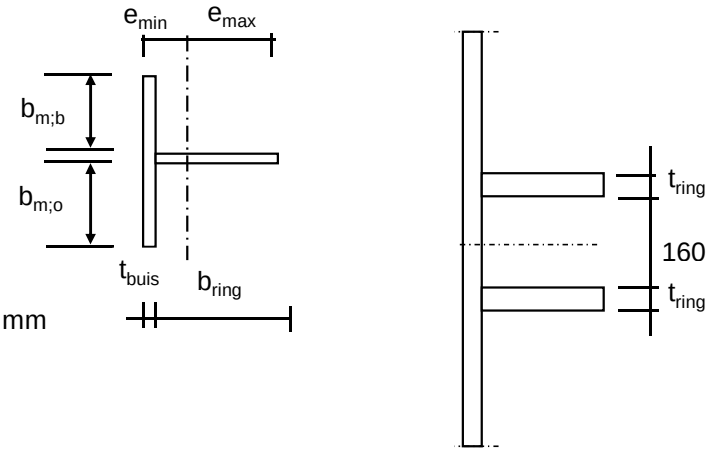
9.1.6 - Afspanpunt trekisolatoren op 23,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 20 mm
$t_{buis;reken}$ = 20 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 105 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 210,9 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 8318 mm^2
e_{min} = 25,8 mm
e_{max} = 99,2 mm

I = 8268707,8 mm^4
W_{min} = 83337 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 1969 kN
$M_{y;Rd}$ = 20 kNm
$M_{w;Rd}$ = 15637 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 287 kN

Belastingen - bevestiging op 23,0 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1480 mm
R = 740,0 mm
Lijnhoek = 2. α = 180 graden
hoek φ = boogsin(300 / (668+50)) = 22,3 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

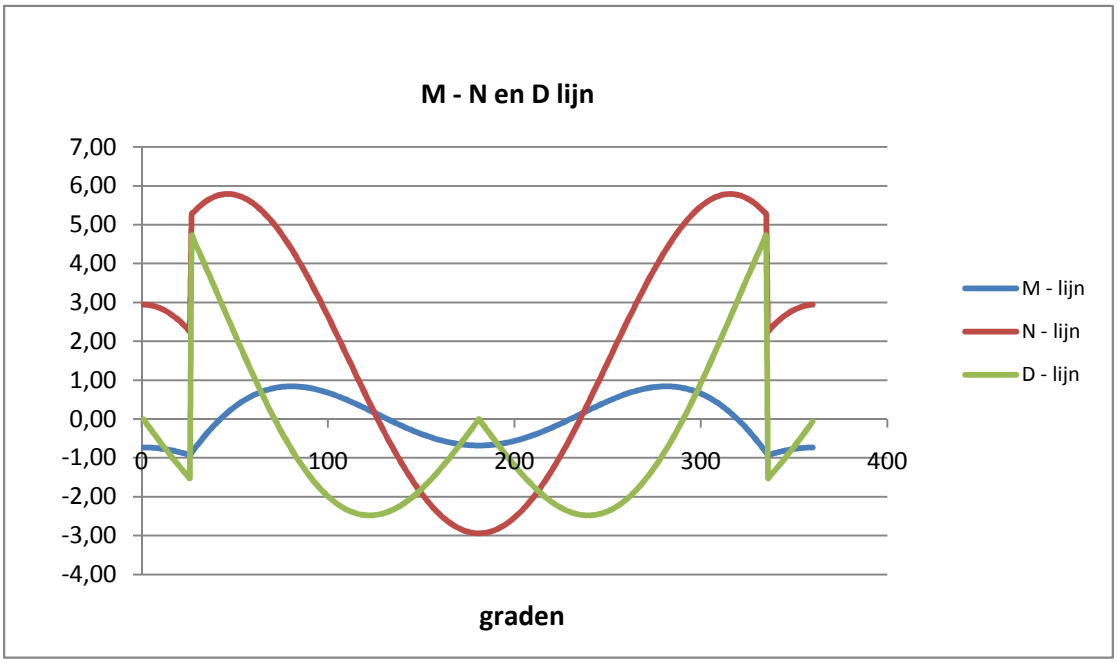
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,73	2,94	0,00	0,07	0,81
15,0	-0,80	2,69	-0,95	0,19	2,12
30,0	-0,61	5,47	4,30	0,77	8,45
45,0	0,16	5,79	2,64	0,48	5,24
60,0	0,63	5,51	1,02	0,20	2,18
75,0	0,83	4,71	-0,40	0,04	0,43
90,0	0,79	3,50	-1,51	0,22	2,38
105,0	0,58	2,06	-2,22	0,32	3,52
120,0	0,26	0,55	-2,48	0,35	3,83
135,0	-0,09	-0,84	-2,31	0,31	3,37
150,0	-0,40	-1,97	-1,77	0,21	2,29
165,0	-0,61	-2,69	-0,95	0,07	0,81
180,0	-0,68	-2,94	0,00	0,07	0,81
195,0	-0,61	-2,69	-0,95	0,21	2,29
210,0	-0,40	-1,97	-1,77	0,31	3,37
225,0	-0,09	-0,84	-2,31	0,35	3,83
240,0	0,26	0,55	-2,48	0,32	3,52
255,0	0,58	2,06	-2,22	0,22	2,38
270,0	0,79	3,50	-1,51	0,04	0,43
285,0	0,83	4,71	-0,40	0,20	2,18
300,0	0,63	5,51	1,02	0,48	5,24
315,0	0,16	5,79	2,64	0,77	8,45
330,0	-0,61	5,47	4,30	0,19	2,12
345,0	-0,80	2,69	-0,95	0,07	0,81
360,0	-0,73	2,94	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,8	kN		N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,93	kNm		M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	4,7	kN		V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,79 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,93 / 19,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 11,1 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 4,72 / 287 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 2,26

V_{Ed} = 1,52

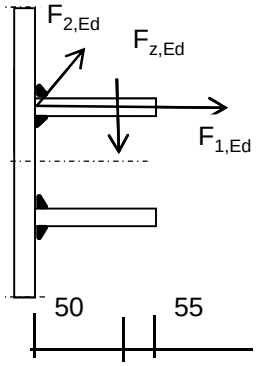
$\sigma_b + \sigma_N$ = 11,1 + 0,3 = 11,4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 11 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	8,45	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 8,45 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 96,0 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

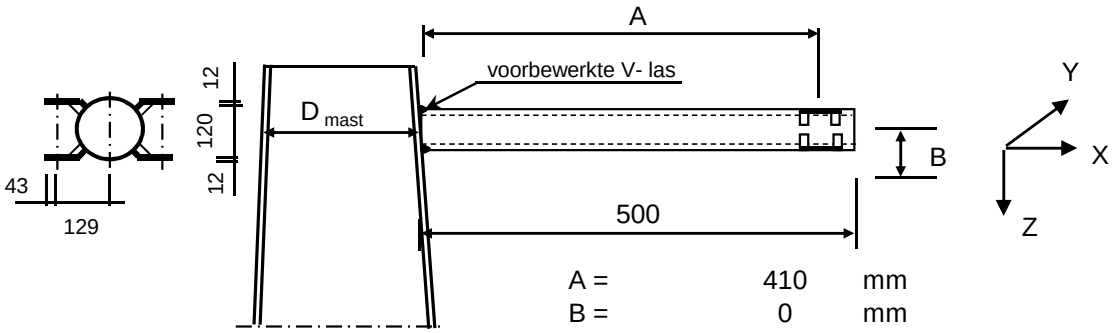
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	96,0	/	302,2	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	522	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	54,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix F

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	19085	31373	1948	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30406	55385	8085	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	8934	17798	1947	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25127	52487	8083	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	20059	32742	1949	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	30988	55896	8086	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	19,085	31,373	1,948	0,00	0,80	12,86
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30,406	55,385	8,085	0,00	3,31	22,71
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,934	17,798	1,947	0,00	0,80	7,30
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,127	52,487	8,083	0,00	3,31	21,52
BG 1a - (+wind (-45 gr))	20,059	32,742	1,949	0,00	0,80	13,42
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	30,988	55,896	8,086	0,00	3,32	22,92

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,32	/ 36	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		21,5	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	22,92	/ 36	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		148,7	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	30,99	/ 953	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		7,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	8,09	/ 275	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		4,0	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	55,90	/ 275	=	0,20	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		27,7	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 158 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 165 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	521,7	18,0	28481	S355	355	3466902
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 10,16 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 6,20 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,004

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,32 / 69,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

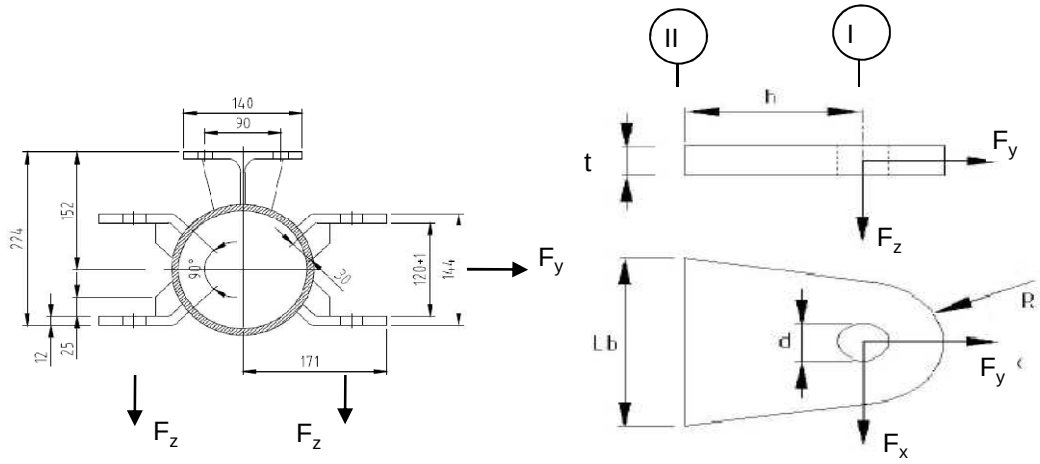
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 22,92 / 47,1 = 0,49 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	19,09	31,37	1,95
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30,41	55,39	8,09
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,93	17,80	1,95
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,13	52,49	8,08
BG 1a - (+wind (-45 gr))	20,06	32,74	1,95
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**30,99**	**55,90**	**8,09**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**15,49**	**27,95**	**8,09**

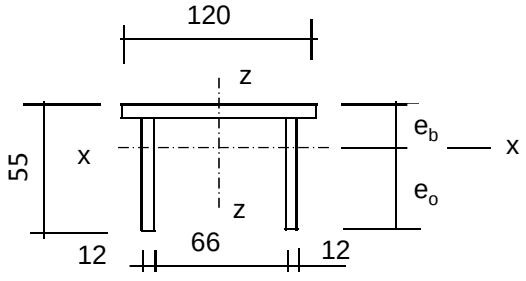
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 28,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 41 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	27,95	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,01	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,09	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,53	kNm
$V_{x,Ed}$ =	15,49	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,95	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,01	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		22,6	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,53	/	4,0	=	0,13	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		31,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	8,09	/	141	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	15,49	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,8	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 65,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 69 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

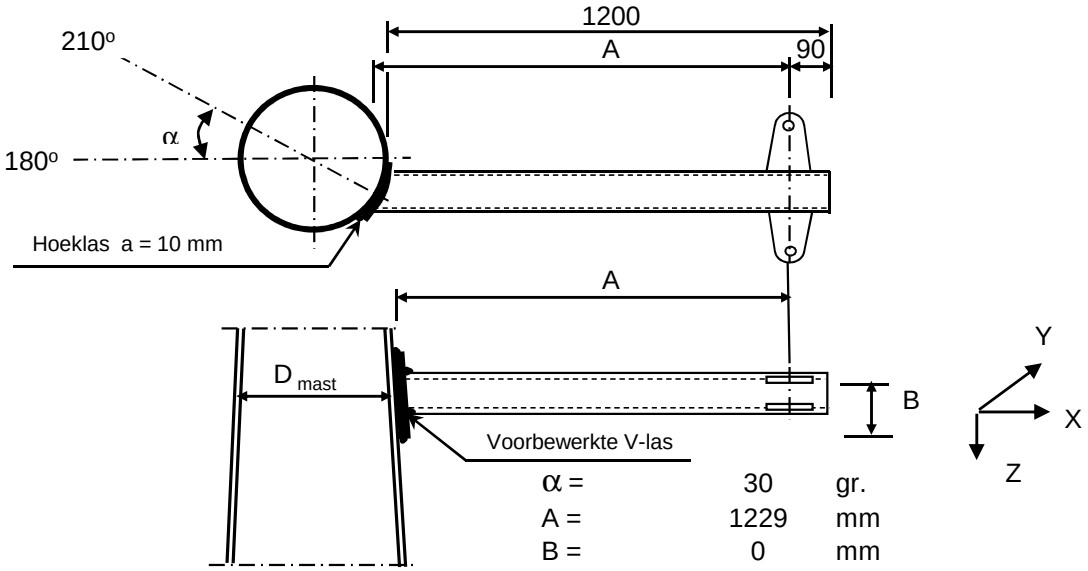
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			55,3	N/mm^2
τ_1 =			55,3	N/mm^2
τ_2 =	0		12,9	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	112,9	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	112,9	/	302,2	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	55,3	/	244,8	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1229	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1773	mm
t_{mast} =	25	mm
Hoogte :	21,5	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix F

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	30869	52708	4040	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	56902	108190	16334	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	17864	36390	4038	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50266	105824	16332	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	32230	54613	4040	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	57618	108686	16334	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	30,869	52,708	4,04	0,00	4,96	64,77
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	56,902	108,19	16,334	0,00	20,07	132,94
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,864	36,39	4,038	0,00	4,96	44,71
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50,266	105,824	16,332	0,00	20,07	130,03
BG 1a - (+wind (-45 gr))	32,23	54,613	4,04	0,00	4,96	67,11
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	57,618	108,686	16,334	0,00	20,07	133,55

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 20,07 / 231 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 20,5 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 133,55 / 231 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 136,5 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 57,62 / 2370 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 16,33 / 684 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 3,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 108,69 / 684 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 21,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 144 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 149 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

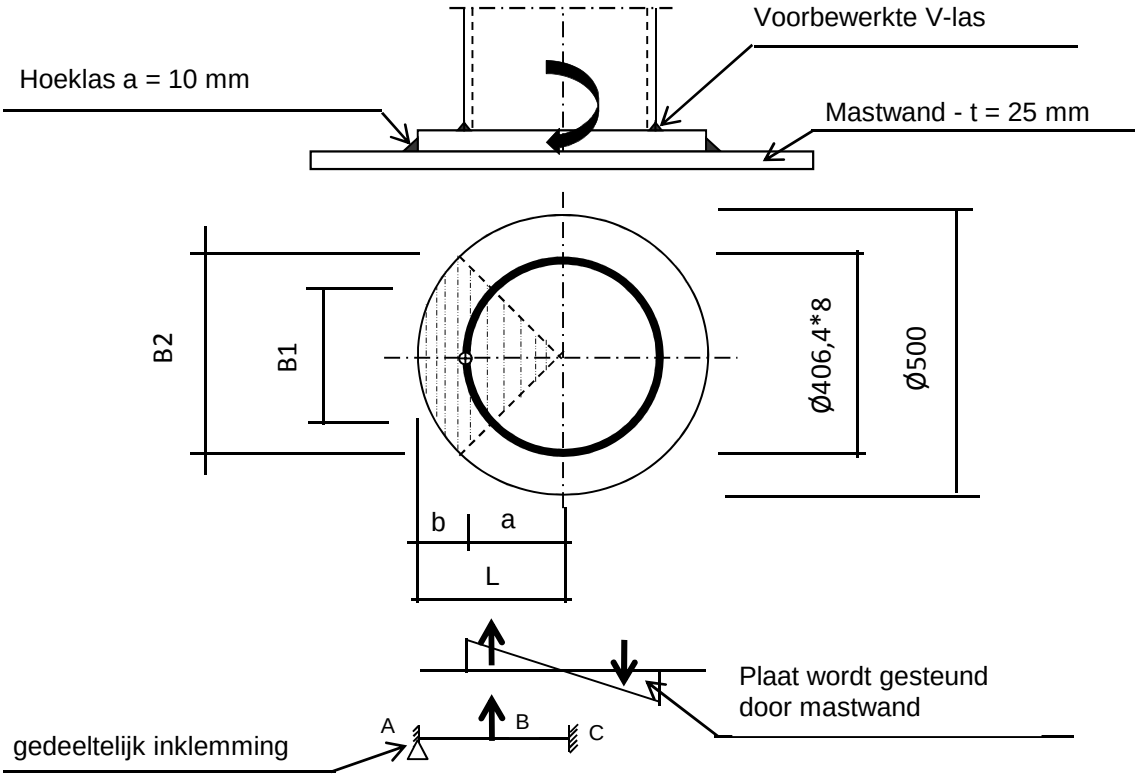
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 500 * 25 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 135,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 295,0 kN

a = R_{buis} = 203,2
b = R_{pl} - a = 46,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm
B2 = 353,6 mm ; Boog B2 = 393 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 9,98 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 213,2 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 9,12 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 3,42 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 267,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 9,1 * 40,0% = 3,65 kNm

$M_{B;Ed}$ = 10,0 * 60,0% + 3,4 * 40,0% = 7,35 kNm

$R_{A;Ed}$ = 213,2 * 60,0% + 267,9 * 40,0% = 235,0 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 14,52 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,80 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 3,65 / 14,52 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 59,5 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 7,35 / 11,80 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 147,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 235,0 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 23,9 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 29,5 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 156,0 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d}$ = f_u / (β_w * γ_M * wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 0,9 * f_u / γ_{M2} = 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

σ_1 = τ_1 = σ_b * t / (1 * a * $2^{0,5}$) = 105,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

σ_1 = τ_1 = ± τ * t / (1 * a * $2^{0,5}$) = 42,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	105,1	+	42,3	=		147,4	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	105,1	-	42,3	=		62,8	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		183,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	183,2	/	302,2	=	0,61	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	147,4	/	244,8	=	0,60	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1773,0	25,0	137288	S355	355	59160831
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,28

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 35,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 356,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14468,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,70 of n_p = -0,682

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 389,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 854,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,07 / 389,0 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 167,1 kNm

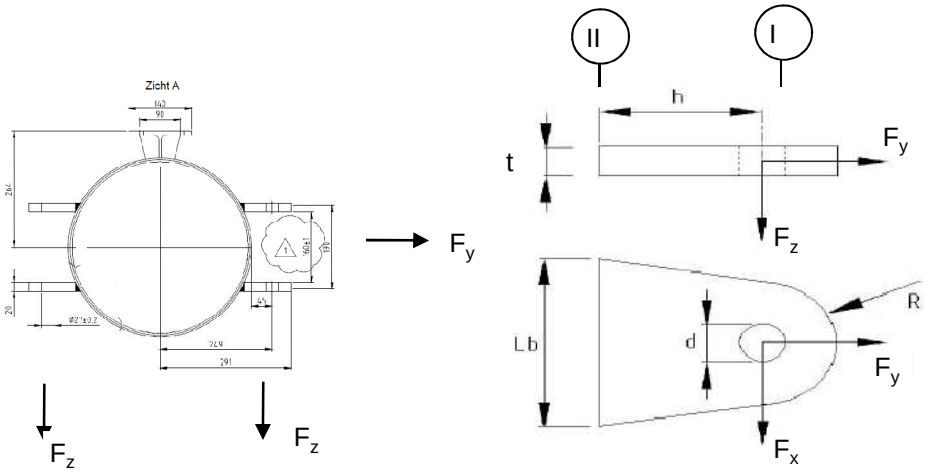
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 854,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 133,55 / 167,1 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	30,87	52,71	4,04
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	56,90	108,19	16,33
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,86	36,39	4,04
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50,27	105,82	16,33
BG 1a - (+wind (-45 gr))	32,23	54,61	4,04
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**57,62**	**108,69**	**16,33**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**28,81**	**54,34**	**16,33**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	48	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	54,34	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	2,16	kNm
$V_{z,Ed}$ =	16,33	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	1,23	kNm
$V_{x,Ed}$ =	28,81	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	54,34	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,4	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,16	/	15,5	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		33,1	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,23	/	2,2	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		131,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,33	/	383	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		5,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	28,81	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 183,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 185 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

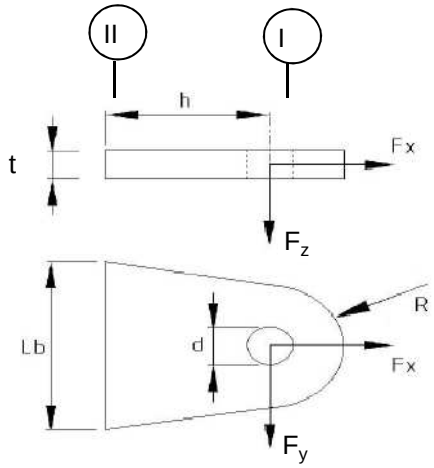
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	70,71	/	521	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet	
			σ_N =		32,1	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,89	/	10	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		96,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	70,71	/	301	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		32,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN

$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,50	/	10	=	0,58	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		136,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	100,00	/	301	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		45,5	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2571,0	25,0	199962	S355	355	126050590
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 738,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 35155,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,775

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 426,9 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 426,9 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 47,0 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 47,0 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

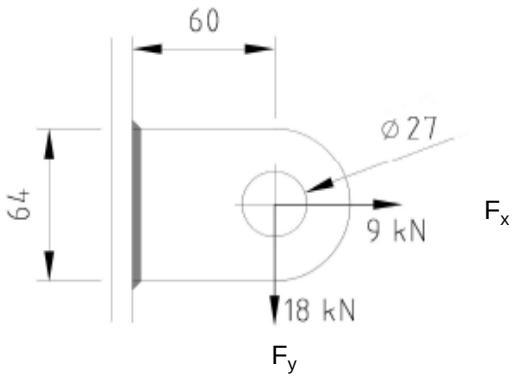
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
54,43 - 52,93 - 45,8 - 43,3 - 37,3 - 34,8 - 28,8 - 26,3 - 49,3 - 46,8 - 40,8 - 38,3 - 32,8 - 30,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 26.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1591	22,0	108414	S355	355	41934709
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 290,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11001,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,75 of $n_p =$ -0,731

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,61

$N_{1,Rd} =$ 352,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 352,2 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 22,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 22,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

Clip op 46,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811,6	18,0	44877	S355	355	8710612
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,08 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,08

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 39,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 522,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,17 of $n_p =$ -0,167

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,94

$N_{1,Rd} =$ 367,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 367,4 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 23,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 23,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

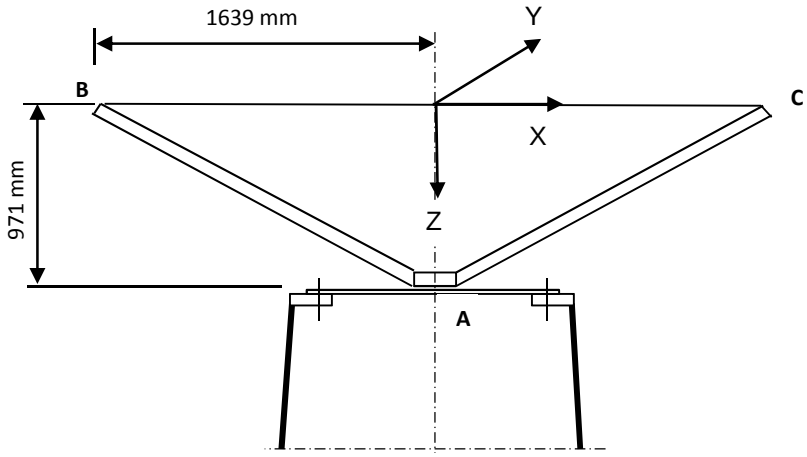
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



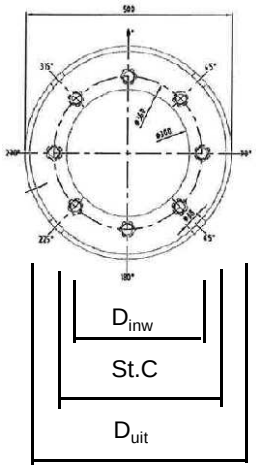
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

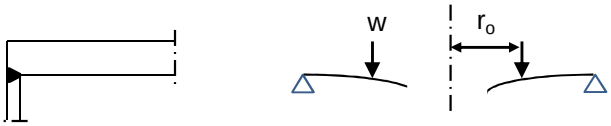
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

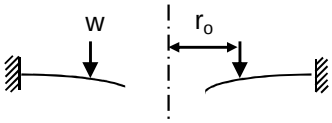
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

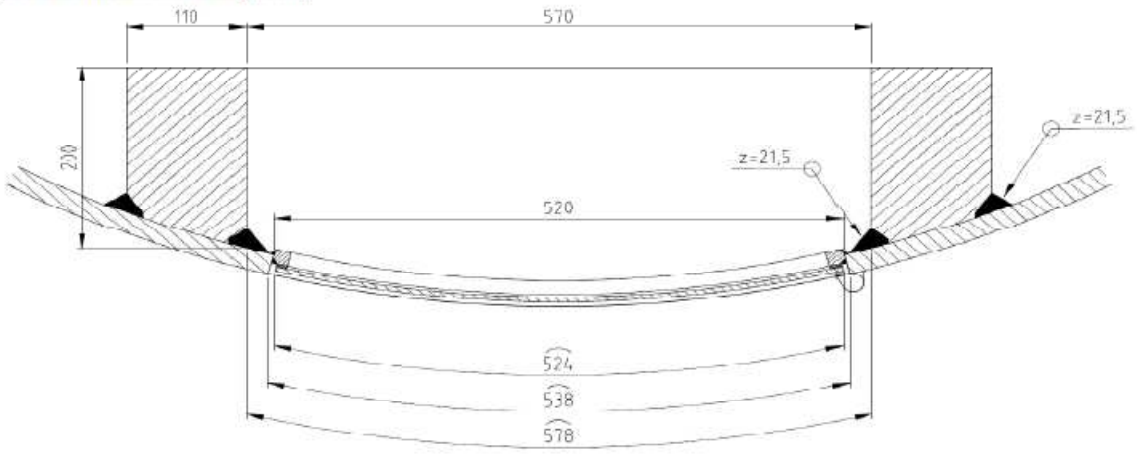
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

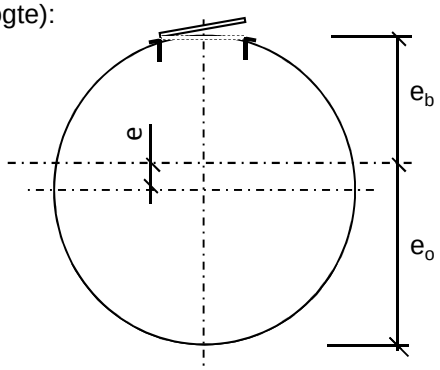
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 2543 mm
dikte t ; 25 mm

A_{buis} = 197799 mm^2
$A_{versterking}$ = 40566 mm^2
$A_{verlies}$ = 12964 mm^2

A_{tot} = 225401 mm^2

e = 127,1 mm
e_b = 1144,6 mm ; e_o = 1398,8 mm

I_{tot} = 1,83E+11 mm^4
W_{min} = 1,31E+08 mm^3
W_{max} = 1,60E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 35421 kNm ; N_{Ed} = 738 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,3 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 271,3 N/mm^2

σ_{max} = 3,3 + 271,3 = 274,6 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage F en F2

W2E350 + 5 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix F

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	6455	-146657	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6451	-146657	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	6446	-146657	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	849	-19242	0	0	0
	Comp. gl	4038	1754	-39867	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	-173968	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	-173968	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	7604	-173968	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	984	-22489	0	0	0
	Comp. gl	4036	2011	-46005	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	10256	-234233	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10254	-234233	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	10251	-234233	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8083	2543	-58024	0	0	0
	Comp. gl	16332	5119	-116933	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	-172685	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	-172685	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	7548	-172685	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	1108	-25331	0	0	0
	Comp. gl	5542	2269	-51910	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	-160442	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	-160442	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	-160442	0	0	0
	GW / opgw	2190	922	-21111	0	0	0
	Comp. gl	4543	1908	-43708	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14912	23138	-189670	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	21776	-184396	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	20067	-177988	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1948	3847	-28499	0	0	0
	Comp. gl	4039	6079	-51032	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10657	-176091	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10417	-175775	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	10116	-175411	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	1525	-23017	0	0	0
	Comp. gl	4036	2802	-46552	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	18873	-242182	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	18190	-241025	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25692	17334	-239686	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8084	5298	-60060	0	0	0
	Comp. gl	16333	9151	-119112	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	10581	-174301	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10344	-174057	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	10046	-173777	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	1641	-25661	0	0	0
	Comp. gl	5542	3051	-52252	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14918	38327	-252760	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14917	35775	-241952	0	0	0

W2E350 + 5 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix F

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14916	32556	-228346	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1949	6539	-40255	0	0	0
	Comp. gl	4041	10034	-67819	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	13359	-181105	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12899	-180081	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	12323	-178890	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	2012	-24212	0	0	0
	Comp. gl	4037	3502	-47847	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	26578	-259690	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25695	25266	-256221	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	23622	-252124	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8086	7732	-64556	0	0	0
	Comp. gl	16335	12677	-124217	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	13236	-178213	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12785	-177407	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	12220	-176474	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	2110	-26448	0	0	0
	Comp. gl	5542	3732	-53097	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	20279	-178767	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	19149	-174662	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	17734	-169727	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1947	3334	-26317	0	0	0
	Comp. gl	4039	5336	-48171	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10153	-175454	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9954	-175230	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	9703	-174974	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	1435	-22861	0	0	0
	Comp. gl	4036	2672	-46388	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	17440	-239845	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	16873	-239019	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	16162	-238064	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8084	4842	-59459	0	0	0
0	Comp. gl	16332	8489	-118455	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	10083	-173811	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9886	-173639	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	9637	-173443	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	1553	-25562	0	0	0
	Comp. gl	5542	2923	-52147	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	5177	-117394	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5174	-117394	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	5169	-117394	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	677	-15289	0	0	0
	Comp. gl	3028	1399	-31734	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	6290	-143819	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6289	-143819	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	6288	-143819	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	803	-18356	0	0	0

W2E350 + 5 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix F

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

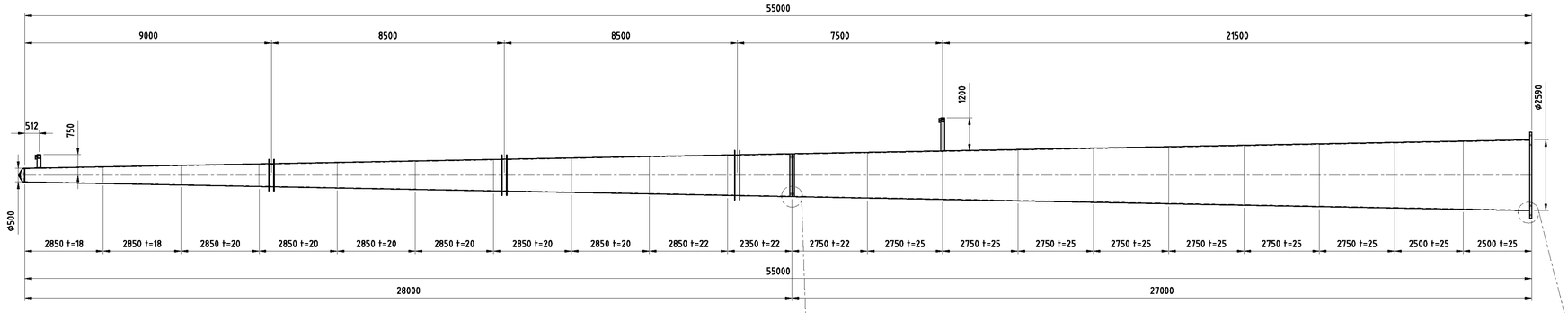
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	1642	-37544	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	9184	-209682	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9182	-209682	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	9179	-209682	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	2434	-55540	0	0	0
	Comp. gl	15319	4895	-111800	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	6342	-145028	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6342	-145028	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	6341	-145028	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	952	-21752	0	0	0
	Comp. gl	4531	1947	-44539	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	-117395	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	-117395	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	-117395	0	0	0
	GW / opgw	1460	668	-15289	0	0	0
	Comp. gl	3028	1386	-31734	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11182	22396	-172725	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11182	20991	-166465	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	19225	-158726	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1461	3768	-26690	0	0	0
	Comp. gl	3029	5865	-46147	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	9385	-146964	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	9139	-146503	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8830	-145971	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	1355	-19126	0	0	0
	Comp. gl	3027	2444	-38353	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21961	17878	-219437	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	17185	-218037	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	16316	-216409	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7596	5196	-57751	0	0	0
	Comp. gl	15320	8935	-114181	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	9399	-147257	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	9159	-146926	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8857	-146544	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	1489	-22185	0	0	0
	Comp. gl	4531	2734	-44993	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11189	37902	-243059	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11187	35313	-231406	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11186	32039	-216560	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1462	6497	-39301	0	0	0
	Comp. gl	3030	9909	-64971	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	12178	-154081	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11700	-152650	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	11103	-150973	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	1862	-20775	0	0	0
	Comp. gl	3027	3168	-40194	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21964	25723	-240154	0	0	0

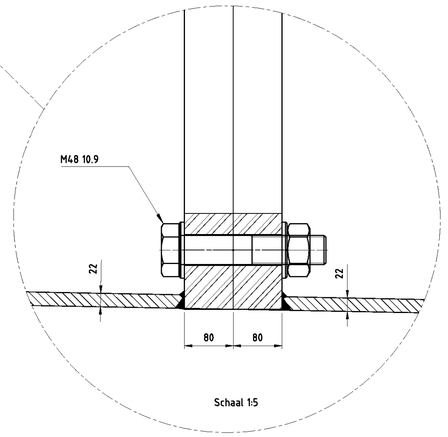
W2E350 + 5 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix F

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

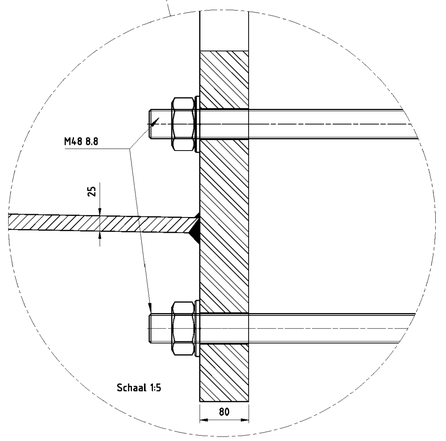
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	24386	-236112	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	22711	-231302	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7598	7644	-62562	0	0	0
	Comp. gl	15322	12479	-119694	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	12112	-152494	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11650	-151426	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	11071	-150183	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	1968	-23187	0	0	0
	Comp. gl	4531	3426	-46086	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	19444	-159676	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	18273	-154641	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	16805	-148484	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1460	3242	-24215	0	0	0
	Comp. gl	3029	5097	-42700	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	8868	-146034	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8664	-145707	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8408	-145330	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	1262	-18902	0	0	0
	Comp. gl	3027	2310	-38113	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21960	16424	-216603	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15850	-215596	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	15129	-214430	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7596	4739	-57102	0	0	0
0	Comp. gl	15319	8270	-113466	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	8894	-146589	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8694	-146355	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8442	-146086	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2211	1400	-22056	0	0	0
	Comp. gl	4531	2605	-44856	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15		**BACK**			**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	5598	-127433	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5596	-127433	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	5593	-127433	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	733	-16643	0	0	0
	Comp. gl	3365	1516	-34520	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	-154196	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6739	-154196	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	-154196	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	865	-19778	0	0	0
	Comp. gl	3363	1768	-40455	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	8468	-193497	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8466	-193497	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	8464	-193497	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	1989	-45404	0	0	0
	Comp. gl	11555	4010	-91636	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	6420	-146877	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	-146877	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	6419	-146877	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	922	-21079	0	0	0
	Comp. gl	4367	1892	-43294	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12423	16603	-153485	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15702	-150118	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	14574	-146083	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1623	2713	-22404	0	0	0
	Comp. gl	3365	4367	-41236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8764	-155393	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8605	-155213	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8406	-155006	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	1223	-20077	0	0	0
	Comp. gl	3363	2293	-40762	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	14201	-198583	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13747	-197838	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	13178	-196976	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	3828	-46848	0	0	0
	Comp. gl	11555	6700	-93178	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8434	-147824	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8277	-147680	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	8080	-147515	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	1276	-21280	0	0	0
	Comp. gl	4367	2413	-43500	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12427	26747	-196063	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	25033	-188534	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	22875	-179172	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	4523	-30615	0	0	0

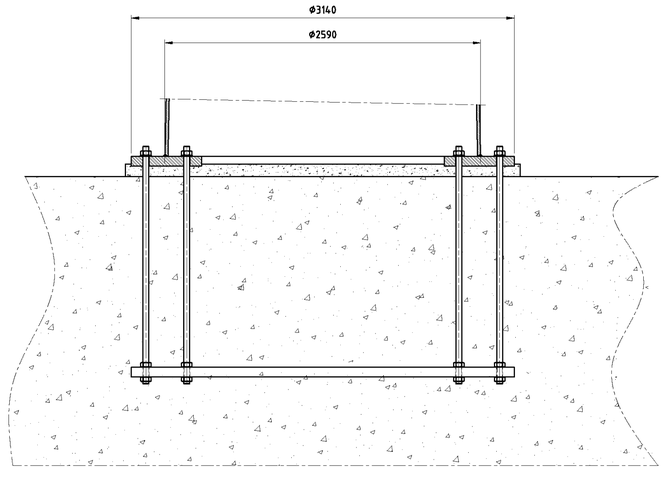




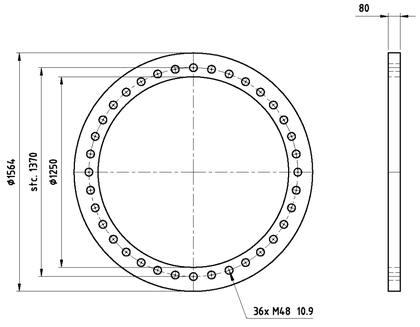
Schaal 1:5



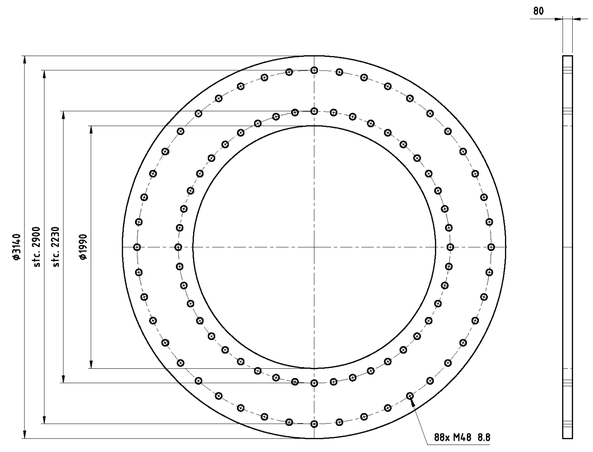
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:25

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/01 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 57m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 47m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 37m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage O, O1 en O2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+10) zijn de bijlage O en O1 (berekening maststerkte) en bijlage O2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 67,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,733 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,80 meter en 2* 23,60 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+10) zijn de bijlage O en O1 (berekening maststerkte) en bijlage O2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2H400(+10)”

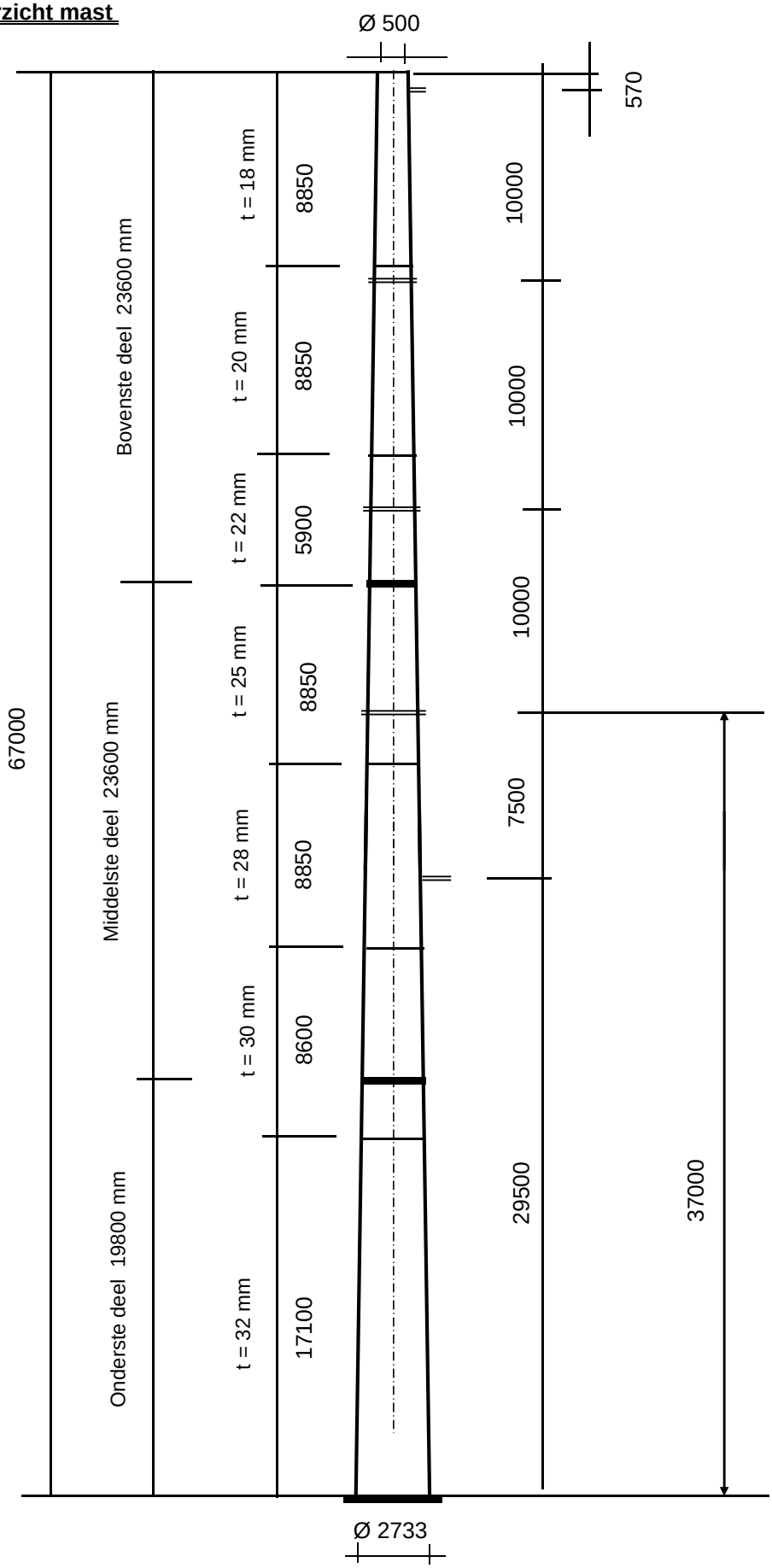
Berekening

W2H400+10

67,0 m - 2733 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,617

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	66,72
2	2380	598	519	n.v.t.	2	1	65,24
3	2950	697	598	n.v.t.	2	1	62,58
4	2950	795	697	n.v.t.	2	1	59,63
5	1150	833	795	n.v.t.	2	1	57,58
6	1800	893	833	n.v.t.	2	1	56,10
7	2950	992	893	n.v.t.	2	1	53,73
8	2950	1090	992	n.v.t.	2	1	50,78
9	2300	1167	1090	n.v.t.	2	1	48,15
10	650	1188	1167	n.v.t.	2	1	46,68
11	2950	1287	1188	n.v.t.	2	1	44,88
12	2950	1385	1287	n.v.t.	2	1	41,93
13	2950	1483	1385	n.v.t.	2	1	38,98
14	500	1500	1483	n.v.t.	2	1	37,25
15	2450	1582	1500	n.v.t.	2	1	35,78
16	1475	1631	1582	n.v.t.	2	1	33,81
17	1475	1680	1631	n.v.t.	2	1	32,34
18	2100	1750	1680	n.v.t.	2	1	30,55
19	850	1778	1750	n.v.t.	2	1	29,08
20	1475	1827	1778	n.v.t.	2	1	27,91
21	1475	1876	1827	n.v.t.	2	1	26,44
22	2950	1975	1876	n.v.t.	2	1	24,23
23	2950	2073	1975	n.v.t.	2	1	21,28
24	1350	2118	2073	n.v.t.	2	1	19,13
25	1350	2163	2118	n.v.t.	2	1	17,78
26	1425	2211	2163	n.v.t.	2	1	16,39
27	1425	2258	2211	n.v.t.	2	1	14,96
28	2850	2353	2258	n.v.t.	2	1	12,83
29	2850	2448	2353	n.v.t.	2	1	9,98
30	2850	2543	2448	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2638	2543	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2733	2638	n.v.t.	2	1	1,43
	67000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	559	18,0	30573	240,00	1,12E+09	191,26	4,00E+06
3	647	18,0	35596	279,43	1,76E+09	222,65	5,45E+06
4	746	18,0	41156	323,07	2,73E+09	257,39	7,31E+06
5	814	20,0	49896	391,68	3,94E+09	280,85	9,67E+06
6	863	20,0	52985	415,93	4,71E+09	298,23	1,09E+07
7	942	20,0	57958	454,97	6,17E+09	326,21	1,31E+07
8	1041	20,0	64136	503,47	8,36E+09	360,96	1,61E+07
9	1128	22,0	76458	600,19	1,17E+10	391,19	2,07E+07
10	1177	22,0	79855	626,87	1,33E+10	408,57	2,26E+07
11	1237	22,0	84002	659,41	1,55E+10	429,78	2,51E+07
12	1336	25,0	102943	808,10	2,21E+10	463,49	3,31E+07
13	1434	25,0	110665	868,72	2,75E+10	498,24	3,83E+07
14	1492	25,0	115180	904,16	3,10E+10	518,57	4,15E+07
15	1541	25,0	119041	934,47	3,42E+10	535,95	4,44E+07
16	1606	28,0	138816	1089,70	4,32E+10	558,03	5,38E+07
17	1655	28,0	143140	1123,65	4,74E+10	575,40	5,73E+07
18	1715	28,0	148380	1164,79	5,28E+10	596,46	6,16E+07
19	1764	28,0	152705	1198,73	5,75E+10	613,84	6,52E+07
20	1803	28,0	156113	1225,48	6,15E+10	627,54	6,82E+07
21	1852	28,0	160437	1259,43	6,67E+10	644,92	7,21E+07
22	1926	30,0	178658	1402,47	8,03E+10	670,29	8,34E+07
23	2024	30,0	187924	1475,21	9,34E+10	705,04	9,23E+07
24	2096	30,0	194678	1528,22	1,04E+11	730,38	9,91E+07
25	2141	30,0	198918	1561,51	1,11E+11	746,28	1,04E+08
26	2187	32,0	216627	1700,52	1,26E+11	761,93	1,15E+08
27	2234	32,0	221402	1738,00	1,34E+11	778,72	1,20E+08
28	2306	32,0	228564	1794,22	1,48E+11	803,91	1,28E+08
29	2401	32,0	238113	1869,18	1,67E+11	837,49	1,39E+08
30	2496	32,0	247662	1944,14	1,88E+11	871,06	1,51E+08
31	2591	32,0	257211	2019,10	2,10E+11	904,64	1,63E+08
32	2686	32,0	266760	2094,06	2,35E+11	938,22	1,75E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	67000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	66430	2 -- 3	2	2380	3,06E+04	1,12E+09
3	64050	3 -- 4	3	2950	3,56E+04	1,76E+09
4	61100	4 -- 5	4	2950	4,12E+04	2,73E+09
5	58150	5 -- 6	5	1150	4,99E+04	3,94E+09
6	57000	6 -- 7	6	1800	5,30E+04	4,71E+09
7	55200	7 -- 8	7	2950	5,80E+04	6,17E+09
8	52250	8 -- 9	8	2950	6,41E+04	8,36E+09
9	49300	9 -- 10	9	2300	7,65E+04	1,17E+10
10	47000	10 -- 11	10	650	7,99E+04	1,33E+10
11	46350	11 -- 12	11	2950	8,40E+04	1,55E+10
12	43400	12 -- 13	12	2950	1,03E+05	2,21E+10
13	40450	13 -- 14	13	2950	1,11E+05	2,75E+10
14	37500	14 -- 15	14	500	1,15E+05	3,10E+10
15	37000	15 -- 16	15	2450	1,19E+05	3,42E+10
16	34550	16 -- 17	16	1475	1,39E+05	4,32E+10
17	33075	17 -- 18	17	1475	1,43E+05	4,74E+10
18	31600	18 -- 19	18	2100	1,48E+05	5,28E+10
19	29500	19 -- 20	19	850	1,53E+05	5,75E+10
20	28650	20 -- 21	20	1475	1,56E+05	6,15E+10
21	27175	21 -- 22	21	1475	1,60E+05	6,67E+10
22	25700	22 -- 23	22	2950	1,79E+05	8,03E+10
23	22750	23 -- 24	23	2950	1,88E+05	9,34E+10
24	19800	24 -- 25	24	1350	1,95E+05	1,04E+11
25	18450	25 -- 26	25	1350	1,99E+05	1,11E+11
26	17100	26 -- 27	26	1425	2,17E+05	1,26E+11
27	15675	27 -- 28	27	1425	2,21E+05	1,34E+11
28	14250	28 -- 29	28	2850	2,29E+05	1,48E+11
29	11400	29 -- 30	29	2850	2,38E+05	1,67E+11
30	8550	30 -- 31	30	2850	2,48E+05	1,88E+11
31	5700	31 -- 32	31	2850	2,57E+05	2,10E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	2,67E+05	2,35E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	66,72	0,21	1,22	32,84	0,17	1486
2	65,24	0,21	1,21	32,72	0,17	1478
3	62,58	0,21	1,20	32,48	0,17	1463
4	59,63	0,21	1,19	32,21	0,18	1445
5	57,58	0,21	1,19	32,01	0,18	1432
6	56,10	0,21	1,18	31,86	0,18	1422
7	53,73	0,21	1,17	31,62	0,18	1407
8	50,78	0,21	1,16	31,30	0,18	1386
9	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
10	46,68	0,21	1,14	30,82	0,18	1356
11	44,88	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
12	41,93	0,21	1,12	30,22	0,19	1318
13	38,98	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
14	37,25	0,21	1,09	29,55	0,19	1276
15	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
16	33,81	0,21	1,07	29,00	0,19	1243
17	32,34	0,21	1,06	28,75	0,20	1228
18	30,55	0,21	1,05	28,43	0,20	1208
19	29,08	0,21	1,04	28,15	0,20	1191
20	27,91	0,21	1,03	27,92	0,20	1177
21	26,44	0,21	1,02	27,61	0,20	1159
22	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
23	21,28	0,21	0,98	26,38	0,21	1087
24	19,13	0,21	0,95	25,78	0,22	1053
25	17,78	0,21	0,94	25,37	0,22	1029
26	16,39	0,21	0,92	24,91	0,23	1004
27	14,96	0,21	0,90	24,39	0,23	975
28	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
29	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	2,58E-02	981,84
2	2 -- 3	6069	4098	5,83	0,61	2,58E-02	967,11
3	3 -- 4	8686		11,90	21,70	2,57E-02	905,67
4	4 -- 5	9973		20,58	69,61	2,54E-02	830,14
5	5 -- 6	4677		30,56	145,03	2,49E-02	755,92
6	6 -- 7	7757	33460	68,69	182,86	2,46E-02	727,46
7	7 -- 8	13864		76,45	313,49	2,42E-02	683,49
8	8 -- 9	15295		90,31	559,46	2,32E-02	613,48
9	9 -- 10	14149		105,61	848,45	2,20E-02	546,67
10	10 -- 11	4172	34118	153,88	1107,62	2,11E-02	497,03
11	11 -- 12	19895		158,05	1208,99	2,08E-02	483,40
12	12 -- 13	24281	7046	184,99	1704,58	1,95E-02	423,77
13	13 -- 14	26070		209,27	2286,12	1,83E-02	367,95
14	14 -- 15	4596		235,34	2941,92	1,69E-02	315,98
15	15 -- 16	23262	34857	274,79	3060,74	1,67E-02	307,57
16	16 -- 17	16294		298,06	3762,48	1,55E-02	268,05
17	17 -- 18	16795		314,35	4214,13	1,49E-02	245,61
18	18 -- 19	24775		331,15	4690,18	1,42E-02	224,14
19	19 -- 20	10317	8799	364,72	5411,60	1,33E-02	195,25
20	20 -- 21	18297		375,04	5726,00	1,29E-02	184,13
21	21 -- 22	18798		393,33	6292,67	1,22E-02	165,64
22	22 -- 23	41815		412,13	6886,70	1,15E-02	148,16
23	23 -- 24	43961		453,95	8164,17	1,02E-02	116,13
24	24 -- 25	20833	33251	531,16	9568,15	8,85E-03	88,01
25	25 -- 26	21283		551,99	10299,28	8,23E-03	76,48
26	26 -- 27	24446		573,28	11058,83	7,62E-03	65,77
27	27 -- 28	24980		597,72	11893,17	7,00E-03	55,36
28	28 -- 29	51563		622,70	12762,72	6,37E-03	45,83
29	29 -- 30	53699		674,26	14610,90	5,12E-03	29,41
30	30 -- 31	55836		727,96	16609,07	3,85E-03	16,60
31	31 -- 32	57972		783,80	18763,34	2,57E-03	7,41
32	32 -- 33	60108		841,77	21079,78	1,29E-03	1,87
33			44762	946,64	23564,48	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	0,982	1655,86	164,773
2	2 -- 3	606,9	409,8	0,967	9463,34	915,475
3	3 -- 4	868,6		0,906	7395,13	654,260
4	4 -- 5	997,3		0,830	7758,78	627,213
5	5 -- 6	467,7		0,756	3402,88	257,276
6	6 -- 7	775,7	3346,0	0,727	29246,66	2156,754
7	7 -- 8	1386,4		0,683	8819,90	583,036
8	8 -- 9	1529,5		0,613	8703,51	514,647
9	9 -- 10	1414,9		0,547	7243,63	385,332
10	10 -- 11	417,2	3411,8	0,497	18642,14	943,129
11	11 -- 12	1989,5		0,483	8852,69	409,321
12	12 -- 13	2428,1	704,6	0,424	12358,70	507,039
13	13 -- 14	2607,0		0,368	8745,53	304,859
14	14 -- 15	459,6		0,316	1405,64	44,673
15	15 -- 16	2326,2	3485,7	0,308	17085,23	522,442
16	16 -- 17	1629,4		0,268	4105,36	107,480
17	17 -- 18	1679,5		0,246	3869,75	92,650
18	18 -- 19	2477,5		0,224	5096,47	108,938
19	19 -- 20	1031,7	879,9	0,195	3605,19	70,666
20	20 -- 21	1829,7		0,184	3139,12	55,962
21	21 -- 22	1879,8		0,166	2893,37	46,277
22	22 -- 23	4181,5		0,148	5420,85	73,023
23	23 -- 24	4396,1		0,116	4402,01	45,803
24	24 -- 25	2083,3	3325,1	0,088	4551,80	39,849
25	25 -- 26	2128,3		0,076	1484,97	10,766
26	26 -- 27	2444,6		0,066	1452,45	8,967
27	27 -- 28	2498,0		0,055	1239,79	6,394
28	28 -- 29	5156,3		0,046	1902,94	7,298
29	29 -- 30	5369,9		0,029	1211,93	2,842
30	30 -- 31	5583,6		0,017	657,54	0,805
31	31 -- 32	5797,2		0,007	263,93	0,125
32	32 -- 33	6010,8		0,002	55,17	0,005
33			4476,2	0,000	0,00	0,000
				Som	196132	9668

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,72	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1022	0,992	0,570	0,56	574,05	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	552,02	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,31	678,69	2,61
4 -- 5	338	0,808	2,950	1,92	650,63	2,38
5 -- 6	3316	0,755	1,150	0,66	2176,27	0,87
6 -- 7	431	0,719	1,800	0,93	400,47	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,29	604,81	1,95
8 -- 9	518	0,591	2,950	1,03	533,86	1,74
9 -- 10	2099	0,532	2,300	0,65	1363,56	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	104,01	0,32
11 -- 12	913	0,462	2,950	0,63	574,99	1,36
12 -- 13	823	0,403	2,950	0,48	394,71	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	316,24	1,03
14 -- 15	7891	0,318	0,500	0,05	397,82	0,16
15 -- 16	949	0,293	2,450	0,21	199,89	0,72
16 -- 17	1105	0,262	1,475	0,10	111,49	0,39
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	96,11	0,35
18 -- 19	1599	0,214	2,100	0,10	153,14	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,51	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	58,05	0,26
21 -- 22	1274	0,160	1,475	0,04	48,00	0,24
22 -- 23	1417	0,135	2,950	0,05	75,75	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	83,45	0,31
24 -- 25	1543	0,084	1,350	0,01	14,62	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,17	0,10
26 -- 27	1716	0,062	1,425	0,01	9,30	0,09
27 -- 28	1753	0,052	1,425	0,00	6,63	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,57	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,95	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,91	10239,71	22,84

m_e = 10239,7 / 13,9 = 736,0 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,72	Hz
b =	1,62	m
h =	67,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	40,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	116,50	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 =	0,54	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,069	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,081	
$v_m(z_s)$ =	29,98	m/s
$v_m(z)$ =	32,87	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,54	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,44	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	18,42	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,71	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,54	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,58

$c_s c_d$ =	**1,08**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,77	1,66E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,63	1,81E+06	0,80	0,81	0,65
3	48,37	2,09E+06	0,80	0,81	0,65
4	48,08	2,39E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,87	2,60E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,71	2,75E+06	0,80	0,81	0,65
7	47,44	2,98E+06	0,80	0,81	0,65
8	47,10	3,27E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,77	3,52E+06	0,79	0,81	0,65
10	46,58	3,66E+06	0,79	0,81	0,65
11	46,34	3,82E+06	0,79	0,81	0,65
12	45,92	4,09E+06	0,79	0,81	0,65
13	45,47	4,35E+06	0,79	0,81	0,64
14	45,19	4,49E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,94	4,62E+06	0,79	0,81	0,64
16	44,59	4,77E+06	0,79	0,81	0,64
17	44,32	4,89E+06	0,79	0,81	0,64
18	43,96	5,03E+06	0,79	0,81	0,64
19	43,66	5,13E+06	0,79	0,81	0,64
20	43,40	5,22E+06	0,79	0,81	0,64
21	43,07	5,32E+06	0,79	0,81	0,64
22	42,52	5,46E+06	0,79	0,81	0,64
23	41,71	5,63E+06	0,78	0,81	0,64
24	41,04	5,73E+06	0,78	0,81	0,64
25	40,58	5,79E+06	0,78	0,81	0,64
26	40,07	5,84E+06	0,78	0,81	0,64
27	39,50	5,88E+06	0,78	0,81	0,64
28	38,52	5,92E+06	0,78	0,81	0,63
29	36,92	5,91E+06	0,78	0,81	0,63
30	34,74	5,78E+06	0,77	0,81	0,63
31	31,38	5,42E+06	0,77	0,81	0,62
32	30,93	5,54E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - O, O1 en O2		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	66,43	0,759
1e traverse - 380C1F1	57,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	47,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	37,00	0,000
Retourstroomgeleider	29,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,190	0,068	414	0,727
2	5712	357	6069	0,868	0,286	1840	0,773
3	8243	443	8686	1,244	0,354	2523	0,855
4	9531	443	9973	1,431	0,354	2783	0,943
5	4504	173	4677	0,608	0,138	1153	1,003
6	7487	270	7757	1,009	0,216	1880	1,045
7	13422	443	13864	1,803	0,354	3274	1,110
8	14852	443	15295	1,988	0,354	3504	1,188
9	13804	345	14149	1,678	0,276	2884	1,254
10	4075	98	4172	0,495	0,078	838	1,289
11	19453	443	19895	2,357	0,354	3927	1,331
12	23839	443	24281	2,542	0,354	4119	1,396
13	25627	443	26070	2,725	0,354	4295	1,456
14	4521	75	4596	0,480	0,060	744	1,488
15	22895	368	23262	2,429	0,294	3709	1,514
16	16073	221	16294	1,523	0,177	2280	1,546
17	16574	221	16795	1,568	0,177	2313	1,568
18	24460	315	24775	2,312	0,252	3343	1,592
19	10189	128	10317	0,962	0,102	1368	1,609
20	18076	221	18297	1,705	0,177	2391	1,621
21	18577	221	18798	1,750	0,177	2411	1,635
22	41373	443	41815	3,635	0,354	4866	1,649
23	43519	443	43961	3,815	0,354	4892	1,658
24	20631	203	20833	1,805	0,162	2235	1,656
25	21080	203	21283	1,842	0,162	2227	1,649
26	24232	214	24446	1,984	0,171	2335	1,638
27	24767	214	24980	2,025	0,171	2311	1,622
28	51135	428	51563	4,171	0,342	4518	1,585
29	53272	428	53699	4,329	0,342	4294	1,507
30	55408	428	55836	4,480	0,342	3926	1,378
31	57544	428	57972	4,614	0,342	3292	1,155
32	59681	428	60108	4,778	0,342	3305	1,160
	735799	10050	745849	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	70860

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	480	480	480	480
2	2 -- 3	3060	4819	5453	21145	7149
3	3 -- 4	3533				
4	4 -- 5	4057				
5	5 -- 6	4880				
6	6 -- 7	5171	39296	43700	70823	49971
7	7 -- 8	5640				
8	8 -- 9	6222				
9	9 -- 10	7382				
10	10 -- 11	7702	40078	44296	71548	50550
11	11 -- 12	8093				
12	12 -- 13	9877	8456	8456	8456	8456
13	13 -- 14	10605				
14	14 -- 15	11030				
15	15 -- 16	11394	40966	44905	72318	51138
16	16 -- 17	13256				
17	17 -- 18	13664				
18	18 -- 19	14157				
19	19 -- 20	14565	10328	11401	43125	14765
20	20 -- 21	14886				
21	21 -- 22	15293				
22	22 -- 23	17010				
23	23 -- 24	17882				
24	24 -- 25	18519	39901	39901	39901	39901
25	25 -- 26	18918				
26	26 -- 27	20586				
27	27 -- 28	21036				
28	28 -- 29	21711				
29	29 -- 30	22610				
30	30 -- 31	23510				
31	31 -- 32	24409				
32	32 -- 33	25309				
33			53715	53715	53715	53715

KEMA rapport - bijlage O - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3373 / 2029 , t = 100 mm ; G = 4476 kg
Flenzen op 19,8m : 2 * rond 2073 / 1540 , t = 140 mm ; G = 3325 kg
Flenzen op 43,4m : 2 * rond 1287 / 970 , t = 80 mm ; G = 705 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 57m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 47m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 37m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	727				
2	2 -- 3	773	30896	18835	51044	20078
3	3 -- 4	855				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	1003				
6	6 -- 7	1045	193927	141513	202486	137963
7	7 -- 8	1110				
8	8 -- 9	1188				
9	9 -- 10	1254				
10	10 -- 11	1289	185663	140625	199531	137150
11	11 -- 12	1331				
12	12 -- 13	1396				
13	13 -- 14	1456				
14	14 -- 15	1488				
15	15 -- 16	1514	175287	139532	195906	136146
16	16 -- 17	1546				
17	17 -- 18	1568				
18	18 -- 19	1592				
19	19 -- 20	1609	49831	37096	95708	39947
20	20 -- 21	1621				
21	21 -- 22	1635				
22	22 -- 23	1649				
23	23 -- 24	1658				
24	24 -- 25	1656				
25	25 -- 26	1649				
26	26 -- 27	1638				
27	27 -- 28	1622				
28	28 -- 29	1585				
29	29 -- 30	1507				
30	30 -- 31	1378				
31	31 -- 32	1155				
32	32 -- 33	1160				
33		0				

KEMA rapport - bijlage O2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1163				
2	2 -- 3	1237	41802	22478	67473	24801
3	3 -- 4	1368				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1604				
6	6 -- 7	1671	256563	165751	256544	166433
7	7 -- 8	1776				
8	8 -- 9	1900				
9	9 -- 10	2006				
10	10 -- 11	2063	244261	164321	252057	165148
11	11 -- 12	2130				
12	12 -- 13	2234				
13	13 -- 14	2329				
14	14 -- 15	2381				
15	15 -- 16	2422	228663	162565	246540	163566
16	16 -- 17	2473				
17	17 -- 18	2508				
18	18 -- 19	2547				
19	19 -- 20	2575	65673	43600	125377	48811
20	20 -- 21	2594				
21	21 -- 22	2615				
22	22 -- 23	2639				
23	23 -- 24	2653				
24	24 -- 25	2649				
25	25 -- 26	2639				
26	26 -- 27	2621				
27	27 -- 28	2595				
28	28 -- 29	2536				
29	29 -- 30	2411				
30	30 -- 31	2204				
31	31 -- 32	1848				
32	32 -- 33	1855				
33		0				

KEMA rapport - bijlage O - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	414		0	0,00E+00	3,80E-03	136
2	2 -- 3	1840		414	1,30E+05	3,80E-03	133
3	3 -- 4	2523		2254	3,41E+06	3,79E-03	124
4	4 -- 5	2783		4777	1,40E+07	3,72E-03	113
5	5 -- 6	1153		7560	3,25E+07	3,61E-03	102
6	6 -- 7	1880		8714	4,22E+07	3,55E-03	98
7	7 -- 8	3274		10594	6,00E+07	3,46E-03	92
8	8 -- 9	3504		13868	9,70E+07	3,29E-03	82
9	9 -- 10	2884		17372	1,44E+08	3,09E-03	73
10	10 -- 11	838		20256	1,88E+08	2,93E-03	66
11	11 -- 12	3927		21094	2,02E+08	2,89E-03	64
12	12 -- 13	4119		25021	2,72E+08	2,67E-03	56
13	13 -- 14	4295		29140	3,53E+08	2,48E-03	48
14	14 -- 15	744		33435	4,47E+08	2,27E-03	41
15	15 -- 16	3709		34179	4,64E+08	2,24E-03	40
16	16 -- 17	2280		37888	5,54E+08	2,06E-03	34
17	17 -- 18	2313		40168	6,13E+08	1,97E-03	31
18	18 -- 19	3343		42481	6,74E+08	1,87E-03	29
19	19 -- 20	1368		45823	7,68E+08	1,74E-03	25
20	20 -- 21	2391		47191	8,09E+08	1,68E-03	23
21	21 -- 22	2411		49583	8,81E+08	1,59E-03	21
22	22 -- 23	4866		51994	9,57E+08	1,49E-03	19
23	23 -- 24	4892		56859	1,12E+09	1,31E-03	15
24	24 -- 25	2235		61752	1,30E+09	1,13E-03	11
25	25 -- 26	2227		63987	1,38E+09	1,04E-03	10
26	26 -- 27	2335		66214	1,47E+09	9,62E-04	8
27	27 -- 28	2311		68549	1,57E+09	8,80E-04	7
28	28 -- 29	4518		70860	1,67E+09	7,98E-04	6
29	29 -- 30	4294		75377	1,88E+09	6,36E-04	4
30	30 -- 31	3926		79672	2,10E+09	4,74E-04	2
31	31 -- 32	3292		83598	2,33E+09	3,14E-04	1
32	32 -- 33	3305		86890	2,58E+09	1,56E-04	0
33		0		90195	2,83E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,11E-02	1786
2	2 -- 3		30896	30896	1,67E+05	5,11E-02	1757
3	3 -- 4			30896	7,51E+07	5,07E-02	1636
4	4 -- 5			30896	1,69E+08	4,98E-02	1487
5	5 -- 6			30896	2,65E+08	4,87E-02	1342
6	6 -- 7		193927	224823	3,04E+08	4,83E-02	1286
7	7 -- 8			224823	7,15E+08	4,73E-02	1200
8	8 -- 9			224823	1,39E+09	4,50E-02	1064
9	9 -- 10			224823	2,07E+09	4,21E-02	935
10	10 -- 11		185663	410486	2,60E+09	3,99E-02	841
11	11 -- 12			410486	2,87E+09	3,93E-02	815
12	12 -- 13			410486	4,10E+09	3,61E-02	703
13	13 -- 14			410486	5,33E+09	3,31E-02	601
14	14 -- 15			410486	6,57E+09	3,01E-02	508
15	15 -- 16		175287	585773	6,77E+09	2,96E-02	493
16	16 -- 17			585773	8,23E+09	2,70E-02	423
17	17 -- 18			585773	9,11E+09	2,56E-02	385
18	18 -- 19			585773	9,98E+09	2,42E-02	348
19	19 -- 20		49831	635604	1,12E+10	2,22E-02	299
20	20 -- 21			635604	1,18E+10	2,14E-02	281
21	21 -- 22			635604	1,27E+10	2,00E-02	250
22	22 -- 23			635604	1,37E+10	1,86E-02	222
23	23 -- 24			635604	1,56E+10	1,60E-02	170
24	24 -- 25			635604	1,75E+10	1,36E-02	127
25	25 -- 26			635604	1,83E+10	1,24E-02	109
26	26 -- 27			635604	1,92E+10	1,14E-02	93
27	27 -- 28			635604	2,01E+10	1,03E-02	78
28	28 -- 29			635604	2,10E+10	9,25E-03	64
29	29 -- 30			635604	2,29E+10	7,24E-03	40
30	30 -- 31			635604	2,47E+10	5,31E-03	22
31	31 -- 32			635604	2,65E+10	3,46E-03	10
32	32 -- 33			635604	2,83E+10	1,69E-03	2
33				635604	3,01E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,67E-02	1305
2	2 -- 3		18835	18835	1,20E+05	3,67E-02	1284
3	3 -- 4			18835	4,60E+07	3,65E-02	1197
4	4 -- 5			18835	1,04E+08	3,59E-02	1090
5	5 -- 6			18835	1,62E+08	3,52E-02	985
6	6 -- 7		141513	160348	1,87E+08	3,50E-02	945
7	7 -- 8			160348	4,80E+08	3,43E-02	882
8	8 -- 9			160348	9,62E+08	3,27E-02	783
9	9 -- 10			160348	1,44E+09	3,07E-02	689
10	10 -- 11		140625	300973	1,82E+09	2,92E-02	621
11	11 -- 12			300973	2,02E+09	2,87E-02	602
12	12 -- 13			300973	2,93E+09	2,65E-02	520
13	13 -- 14			300973	3,83E+09	2,44E-02	445
14	14 -- 15			300973	4,73E+09	2,22E-02	376
15	15 -- 16		139532	440505	4,89E+09	2,18E-02	365
16	16 -- 17			440505	5,98E+09	2,00E-02	314
17	17 -- 18			440505	6,64E+09	1,89E-02	285
18	18 -- 19			440505	7,30E+09	1,79E-02	258
19	19 -- 20		37096	477601	8,24E+09	1,64E-02	222
20	20 -- 21			477601	8,65E+09	1,58E-02	208
21	21 -- 22			477601	9,36E+09	1,48E-02	186
22	22 -- 23			477601	1,01E+10	1,38E-02	165
23	23 -- 24			477601	1,15E+10	1,19E-02	127
24	24 -- 25			477601	1,29E+10	1,01E-02	94
25	25 -- 26			477601	1,36E+10	9,24E-03	81
26	26 -- 27			477601	1,42E+10	8,43E-03	69
27	27 -- 28			477601	1,49E+10	7,65E-03	58
28	28 -- 29			477601	1,56E+10	6,88E-03	47
29	29 -- 30			477601	1,70E+10	5,38E-03	30
30	30 -- 31			477601	1,83E+10	3,95E-03	17
31	31 -- 32			477601	1,97E+10	2,57E-03	7
32	32 -- 33			477601	2,11E+10	1,26E-03	2
33				477601	2,24E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,07E-02	2063
2	2 -- 3		51044	51044	1,99E+05	6,07E-02	2029
3	3 -- 4			51044	1,23E+08	6,01E-02	1885
4	4 -- 5			51044	2,78E+08	5,85E-02	1709
5	5 -- 6			51044	4,33E+08	5,67E-02	1539
6	6 -- 7		202486	253530	4,96E+08	5,61E-02	1474
7	7 -- 8			253530	9,60E+08	5,48E-02	1374
8	8 -- 9			253530	1,72E+09	5,17E-02	1217
9	9 -- 10			253530	2,49E+09	4,82E-02	1069
10	10 -- 11		199531	453061	3,08E+09	4,56E-02	961
11	11 -- 12			453061	3,38E+09	4,49E-02	932
12	12 -- 13			453061	4,74E+09	4,12E-02	804
13	13 -- 14			453061	6,10E+09	3,78E-02	688
14	14 -- 15			453061	7,47E+09	3,43E-02	581
15	15 -- 16		195906	648968	7,70E+09	3,37E-02	564
16	16 -- 17			648968	9,31E+09	3,08E-02	485
17	17 -- 18			648968	1,03E+10	2,92E-02	441
18	18 -- 19			648968	1,13E+10	2,76E-02	399
19	19 -- 20		95708	744676	1,26E+10	2,54E-02	343
20	20 -- 21			744676	1,33E+10	2,45E-02	322
21	21 -- 22			744676	1,44E+10	2,29E-02	287
22	22 -- 23			744676	1,55E+10	2,13E-02	255
23	23 -- 24			744676	1,77E+10	1,84E-02	196
24	24 -- 25			744676	1,99E+10	1,56E-02	146
25	25 -- 26			744676	2,10E+10	1,43E-02	126
26	26 -- 27			744676	2,20E+10	1,31E-02	107
27	27 -- 28			744676	2,30E+10	1,18E-02	89
28	28 -- 29			744676	2,41E+10	1,06E-02	73
29	29 -- 30			744676	2,63E+10	8,33E-03	46
30	30 -- 31			744676	2,84E+10	6,11E-03	26
31	31 -- 32			744676	3,05E+10	3,99E-03	11
32	32 -- 33			744676	3,27E+10	1,95E-03	3
33				744676	3,48E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,64E-02	1288
2	2 -- 3		20078	20078	1,19E+05	3,64E-02	1267
3	3 -- 4			20078	4,89E+07	3,61E-02	1180
4	4 -- 5			20078	1,10E+08	3,55E-02	1075
5	5 -- 6			20078	1,73E+08	3,48E-02	971
6	6 -- 7		137963	158041	1,98E+08	3,45E-02	931
7	7 -- 8			158041	4,88E+08	3,39E-02	869
8	8 -- 9			158041	9,62E+08	3,23E-02	771
9	9 -- 10			158041	1,44E+09	3,03E-02	679
10	10 -- 11		137150	295191	1,81E+09	2,88E-02	611
11	11 -- 12			295191	2,01E+09	2,83E-02	592
12	12 -- 13			295191	2,89E+09	2,61E-02	512
13	13 -- 14			295191	3,78E+09	2,40E-02	438
14	14 -- 15			295191	4,66E+09	2,18E-02	370
15	15 -- 16		136146	431337	4,82E+09	2,15E-02	360
16	16 -- 17			431337	5,89E+09	1,96E-02	309
17	17 -- 18			431337	6,53E+09	1,86E-02	281
18	18 -- 19			431337	7,18E+09	1,76E-02	254
19	19 -- 20		39947	471285	8,10E+09	1,62E-02	219
20	20 -- 21			471285	8,50E+09	1,56E-02	205
21	21 -- 22			471285	9,20E+09	1,46E-02	183
22	22 -- 23			471285	9,91E+09	1,36E-02	162
23	23 -- 24			471285	1,13E+10	1,17E-02	125
24	24 -- 25			471285	1,27E+10	9,91E-03	93
25	25 -- 26			471285	1,34E+10	9,10E-03	80
26	26 -- 27			471285	1,40E+10	8,31E-03	68
27	27 -- 28			471285	1,47E+10	7,53E-03	57
28	28 -- 29			471285	1,54E+10	6,77E-03	47
29	29 -- 30			471285	1,67E+10	5,30E-03	29
30	30 -- 31			471285	1,81E+10	3,89E-03	16
31	31 -- 32			471285	1,94E+10	2,53E-03	7
32	32 -- 33			471285	2,08E+10	1,24E-03	2
33				471285	2,21E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,33E-04	2
2	2 -- 3				3,11E+06	1,33E-04	2
3	3 -- 4				3,11E+06	1,02E-04	2
4	4 -- 5				3,11E+06	7,70E-05	2
5	5 -- 6				3,11E+06	6,10E-05	1
6	6 -- 7				3,11E+06	5,67E-05	1
7	7 -- 8				3,11E+06	5,10E-05	1
8	8 -- 9				3,11E+06	4,39E-05	1
9	9 -- 10				3,11E+06	3,87E-05	1
10	10 -- 11				3,11E+06	3,58E-05	1
11	11 -- 12				3,11E+06	3,50E-05	1
12	12 -- 13				3,11E+06	3,22E-05	1
13	13 -- 14				3,11E+06	3,03E-05	1
14	14 -- 15				3,11E+06	2,87E-05	1
15	15 -- 16				3,11E+06	2,84E-05	0
16	16 -- 17				3,11E+06	2,74E-05	0
17	17 -- 18				3,11E+06	2,69E-05	0
18	18 -- 19				3,11E+06	2,64E-05	0
19	19 -- 20				2,14E+07	2,58E-05	0
20	20 -- 21				2,14E+07	2,43E-05	0
21	21 -- 22				2,14E+07	2,19E-05	0
22	22 -- 23				2,14E+07	1,96E-05	0
23	23 -- 24				2,14E+07	1,59E-05	0
24	24 -- 25				2,14E+07	1,27E-05	0
25	25 -- 26				2,14E+07	1,13E-05	0
26	26 -- 27				2,14E+07	1,01E-05	0
27	27 -- 28				2,14E+07	8,94E-06	0
28	28 -- 29				2,14E+07	7,86E-06	0
29	29 -- 30				2,14E+07	5,89E-06	0
30	30 -- 31				2,14E+07	4,16E-06	0
31	31 -- 32				2,14E+07	2,61E-06	0
32	32 -- 33				2,14E+07	1,24E-06	0
33					2,14E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

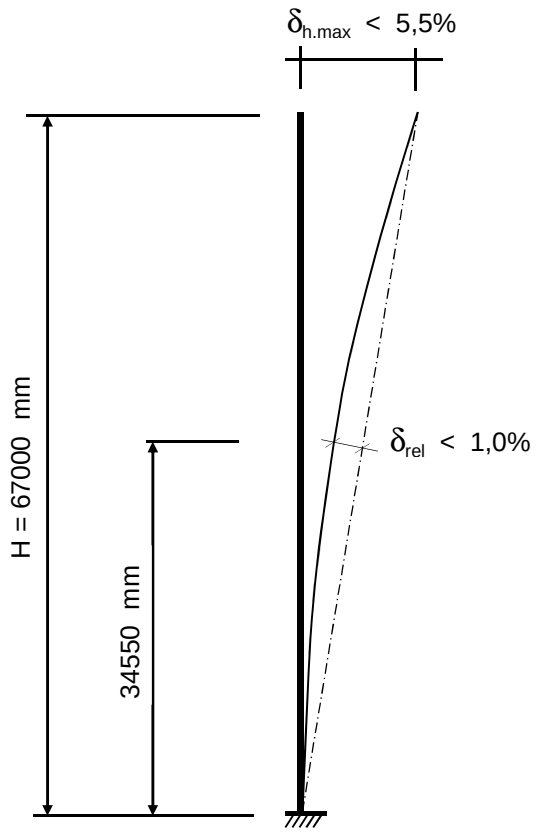
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,2E-02	2106
2	2 -- 3	6,2E-02	2071
3	3 -- 4	6,1E-02	1924
4	4 -- 5	6,0E-02	1745
5	5 -- 6	5,8E-02	1571
6	6 -- 7	5,7E-02	1505
7	7 -- 8	5,6E-02	1403
8	8 -- 9	5,3E-02	1242
9	9 -- 10	4,9E-02	1092
10	10 -- 11	4,7E-02	982
11	11 -- 12	4,6E-02	952
12	12 -- 13	4,2E-02	822
13	13 -- 14	3,9E-02	703
14	14 -- 15	3,5E-02	594
15	15 -- 16	3,4E-02	577
16	16 -- 17	3,1E-02	496
17	17 -- 18	3,0E-02	451
18	18 -- 19	2,8E-02	408
19	19 -- 20	2,6E-02	351
20	20 -- 21	2,5E-02	329
21	21 -- 22	2,3E-02	294
22	22 -- 23	2,2E-02	260
23	23 -- 24	1,9E-02	201
24	24 -- 25	1,6E-02	149
25	25 -- 26	1,5E-02	129
26	26 -- 27	1,3E-02	110
27	27 -- 28	1,2E-02	92
28	28 -- 29	1,1E-02	75
29	29 -- 30	8,5E-03	47
30	30 -- 31	6,3E-03	26
31	31 -- 32	4,1E-03	12
32	32 -- 33	2,0E-03	3
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 2106 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 3,14 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 34550 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 496 mm
α = 1,80 graden

δ_{rel} = 590 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 0,88 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	621	480	0	0,00E+00	5,98E-03	213
2	2 -- 3	2760	6894	663	1,89E+05	5,98E-03	210
3	3 -- 4	3785	14176	3607	5,27E+06	5,96E-03	196
4	4 -- 5	4175	24599	7644	2,19E+07	5,86E-03	178
5	5 -- 6	1730	36567	12097	5,10E+07	5,67E-03	161
6	6 -- 7	2820	81475	13942	6,60E+07	5,59E-03	155
7	7 -- 8	4911	90783	16950	9,38E+07	5,45E-03	145
8	8 -- 9	5256	107420	22189	1,51E+08	5,17E-03	129
9	9 -- 10	4325	125774	27795	2,25E+08	4,86E-03	114
10	10 -- 11	1257	182832	32409	2,94E+08	4,62E-03	103
11	11 -- 12	5891	187838	33750	3,16E+08	4,54E-03	101
12	12 -- 13	6178	220168	40033	4,25E+08	4,21E-03	88
13	13 -- 14	6442	249306	46624	5,53E+08	3,90E-03	76
14	14 -- 15	1116	280589	53495	7,00E+08	3,58E-03	65
15	15 -- 16	5564	327070	54686	7,27E+08	3,53E-03	63
16	16 -- 17	3420	354985	60621	8,69E+08	3,25E-03	54
17	17 -- 18	3469	374538	64269	9,61E+08	3,11E-03	50
18	18 -- 19	5014	394692	67969	1,06E+09	2,96E-03	45
19	19 -- 20	2052	434751	73317	1,21E+09	2,74E-03	39
20	20 -- 21	3587	447131	75506	1,27E+09	2,66E-03	37
21	21 -- 22	3616	469088	79332	1,38E+09	2,50E-03	33
22	22 -- 23	7299	491645	83190	1,50E+09	2,35E-03	30
23	23 -- 24	7339	541823	90975	1,76E+09	2,07E-03	23
24	24 -- 25	3353	634478	98803	2,04E+09	1,78E-03	17
25	25 -- 26	3340	659478	102379	2,18E+09	1,65E-03	15
26	26 -- 27	3502	685017	105942	2,32E+09	1,52E-03	13
27	27 -- 28	3467	714353	109678	2,47E+09	1,39E-03	11
28	28 -- 29	6777	744329	113376	2,63E+09	1,26E-03	9
29	29 -- 30	6441	806205	120604	2,96E+09	1,01E-03	6
30	30 -- 31	5890	870644	127475	3,32E+09	7,50E-04	3
31	31 -- 32	4938	937647	133757	3,69E+09	4,98E-04	1
32	32 -- 33	4957	1007213	139024	4,08E+09	2,47E-04	0
33		0	1133058	144311	4,48E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,66E-02	2325
2	2 -- 3		41802	41802	0,00E+00	6,66E-02	2287
3	3 -- 4			41802	9,95E+07	6,61E-02	2129
4	4 -- 5			41802	2,23E+08	6,48E-02	1936
5	5 -- 6			41802	3,46E+08	6,34E-02	1747
6	6 -- 7		256563	298365	3,94E+08	6,29E-02	1674
7	7 -- 8			298365	9,31E+08	6,17E-02	1562
8	8 -- 9			298365	1,81E+09	5,85E-02	1384
9	9 -- 10			298365	2,69E+09	5,48E-02	1217
10	10 -- 11		244261	542627	3,38E+09	5,19E-02	1094
11	11 -- 12			542627	3,73E+09	5,11E-02	1060
12	12 -- 13			542627	5,33E+09	4,70E-02	915
13	13 -- 14			542627	6,93E+09	4,31E-02	782
14	14 -- 15			542627	8,53E+09	3,91E-02	661
15	15 -- 16		228663	771289	8,80E+09	3,85E-02	641
16	16 -- 17			771289	1,07E+10	3,51E-02	551
17	17 -- 18			771289	1,18E+10	3,33E-02	500
18	18 -- 19			771289	1,30E+10	3,15E-02	453
19	19 -- 20		65673	836962	1,46E+10	2,89E-02	389
20	20 -- 21			836962	1,53E+10	2,78E-02	365
21	21 -- 22			836962	1,65E+10	2,60E-02	325
22	22 -- 23			836962	1,78E+10	2,42E-02	288
23	23 -- 24			836962	2,02E+10	2,09E-02	222
24	24 -- 25			836962	2,27E+10	1,76E-02	165
25	25 -- 26			836962	2,38E+10	1,62E-02	142
26	26 -- 27			836962	2,50E+10	1,48E-02	121
27	27 -- 28			836962	2,62E+10	1,34E-02	101
28	28 -- 29			836962	2,74E+10	1,20E-02	83
29	29 -- 30			836962	2,97E+10	9,42E-03	52
30	30 -- 31			836962	3,21E+10	6,91E-03	29
31	31 -- 32			836962	3,45E+10	4,50E-03	13
32	32 -- 33			836962	3,69E+10	2,20E-03	3
33				836962	3,93E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,23E-02	1506
2	2 -- 3		22478	22478	0,00E+00	4,23E-02	1482
3	3 -- 4			22478	5,35E+07	4,21E-02	1381
4	4 -- 5			22478	1,20E+08	4,14E-02	1258
5	5 -- 6			22478	1,86E+08	4,06E-02	1137
6	6 -- 7		165751	188229	2,12E+08	4,03E-02	1090
7	7 -- 8			188229	5,51E+08	3,96E-02	1018
8	8 -- 9			188229	1,11E+09	3,77E-02	904
9	9 -- 10			188229	1,66E+09	3,54E-02	796
10	10 -- 11		164321	352549	2,09E+09	3,37E-02	716
11	11 -- 12			352549	2,32E+09	3,31E-02	694
12	12 -- 13			352549	3,36E+09	3,06E-02	600
13	13 -- 14			352549	4,40E+09	2,81E-02	514
14	14 -- 15			352549	5,44E+09	2,56E-02	434
15	15 -- 16		162565	515114	5,62E+09	2,52E-02	422
16	16 -- 17			515114	6,88E+09	2,30E-02	362
17	17 -- 18			515114	7,64E+09	2,18E-02	329
18	18 -- 19			515114	8,40E+09	2,07E-02	298
19	19 -- 20		43600	558714	9,48E+09	1,90E-02	256
20	20 -- 21			558714	9,96E+09	1,83E-02	241
21	21 -- 22			558714	1,08E+10	1,71E-02	214
22	22 -- 23			558714	1,16E+10	1,59E-02	190
23	23 -- 24			558714	1,33E+10	1,37E-02	146
24	24 -- 25			558714	1,49E+10	1,16E-02	109
25	25 -- 26			558714	1,57E+10	1,07E-02	94
26	26 -- 27			558714	1,64E+10	9,74E-03	80
27	27 -- 28			558714	1,72E+10	8,84E-03	67
28	28 -- 29			558714	1,80E+10	7,95E-03	55
29	29 -- 30			558714	1,96E+10	6,22E-03	35
30	30 -- 31			558714	2,12E+10	4,56E-03	19
31	31 -- 32			558714	2,28E+10	2,97E-03	8
32	32 -- 33			558714	2,44E+10	1,45E-03	2
33				558714	2,60E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,66E-02	2593
2	2 -- 3		67473	67473	0,00E+00	7,66E-02	2549
3	3 -- 4			67473	1,61E+08	7,58E-02	2368
4	4 -- 5			67473	3,60E+08	7,37E-02	2147
5	5 -- 6			67473	5,59E+08	7,14E-02	1932
6	6 -- 7		256544	324016	6,36E+08	7,05E-02	1851
7	7 -- 8			324016	1,22E+09	6,88E-02	1725
8	8 -- 9			324016	2,18E+09	6,50E-02	1527
9	9 -- 10			324016	3,13E+09	6,05E-02	1342
10	10 -- 11		252057	576073	3,88E+09	5,72E-02	1206
11	11 -- 12			576073	4,25E+09	5,63E-02	1169
12	12 -- 13			576073	5,95E+09	5,17E-02	1010
13	13 -- 14			576073	7,65E+09	4,74E-02	863
14	14 -- 15			576073	9,35E+09	4,30E-02	730
15	15 -- 16		246540	822613	9,64E+09	4,23E-02	709
16	16 -- 17			822613	1,17E+10	3,86E-02	609
17	17 -- 18			822613	1,29E+10	3,67E-02	554
18	18 -- 19			822613	1,41E+10	3,47E-02	501
19	19 -- 20		125377	947990	1,58E+10	3,18E-02	431
20	20 -- 21			947990	1,66E+10	3,07E-02	405
21	21 -- 22			947990	1,80E+10	2,87E-02	361
22	22 -- 23			947990	1,94E+10	2,67E-02	320
23	23 -- 24			947990	2,22E+10	2,31E-02	246
24	24 -- 25			947990	2,50E+10	1,95E-02	183
25	25 -- 26			947990	2,63E+10	1,80E-02	158
26	26 -- 27			947990	2,76E+10	1,64E-02	135
27	27 -- 28			947990	2,89E+10	1,49E-02	112
28	28 -- 29			947990	3,03E+10	1,34E-02	92
29	29 -- 30			947990	3,30E+10	1,05E-02	58
30	30 -- 31			947990	3,57E+10	7,69E-03	32
31	31 -- 32			947990	3,84E+10	5,01E-03	14
32	32 -- 33			947990	4,11E+10	2,45E-03	4
33				947990	4,38E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,33E-02	1532
2	2 -- 3		24801	24801	0,00E+00	4,33E-02	1507
3	3 -- 4			24801	5,90E+07	4,30E-02	1405
4	4 -- 5			24801	1,32E+08	4,23E-02	1279
5	5 -- 6			24801	2,05E+08	4,14E-02	1155
6	6 -- 7		166433	191234	2,34E+08	4,11E-02	1108
7	7 -- 8			191234	5,78E+08	4,03E-02	1034
8	8 -- 9			191234	1,14E+09	3,84E-02	918
9	9 -- 10			191234	1,71E+09	3,60E-02	808
10	10 -- 11		165148	356382	2,15E+09	3,42E-02	727
11	11 -- 12			356382	2,38E+09	3,37E-02	705
12	12 -- 13			356382	3,43E+09	3,10E-02	609
13	13 -- 14			356382	4,48E+09	2,85E-02	521
14	14 -- 15			356382	5,53E+09	2,60E-02	441
15	15 -- 16		163566	519948	5,71E+09	2,55E-02	428
16	16 -- 17			519948	6,98E+09	2,34E-02	368
17	17 -- 18			519948	7,75E+09	2,22E-02	335
18	18 -- 19			519948	8,52E+09	2,10E-02	303
19	19 -- 20		48811	568758	9,61E+09	1,92E-02	260
20	20 -- 21			568758	1,01E+10	1,86E-02	244
21	21 -- 22			568758	1,09E+10	1,74E-02	218
22	22 -- 23			568758	1,18E+10	1,62E-02	193
23	23 -- 24			568758	1,34E+10	1,40E-02	149
24	24 -- 25			568758	1,51E+10	1,18E-02	111
25	25 -- 26			568758	1,59E+10	1,08E-02	95
26	26 -- 27			568758	1,67E+10	9,90E-03	81
27	27 -- 28			568758	1,75E+10	8,98E-03	68
28	28 -- 29			568758	1,83E+10	8,07E-03	56
29	29 -- 30			568758	1,99E+10	6,32E-03	35
30	30 -- 31			568758	2,15E+10	4,64E-03	20
31	31 -- 32			568758	2,31E+10	3,02E-03	9
32	32 -- 33			568758	2,48E+10	1,48E-03	2
33				568758	2,64E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,57E-04	3
2	2 -- 3				3,66E+06	1,57E-04	2
3	3 -- 4				3,66E+06	1,20E-04	2
4	4 -- 5				3,66E+06	9,05E-05	2
5	5 -- 6				3,66E+06	7,17E-05	2
6	6 -- 7				3,66E+06	6,66E-05	1
7	7 -- 8				3,66E+06	5,99E-05	1
8	8 -- 9				3,66E+06	5,16E-05	1
9	9 -- 10				3,66E+06	4,54E-05	1
10	10 -- 11				3,66E+06	4,20E-05	1
11	11 -- 12				3,66E+06	4,12E-05	1
12	12 -- 13				3,66E+06	3,78E-05	1
13	13 -- 14				3,66E+06	3,55E-05	1
14	14 -- 15				3,66E+06	3,37E-05	1
15	15 -- 16				3,66E+06	3,34E-05	1
16	16 -- 17				3,66E+06	3,21E-05	0
17	17 -- 18				3,66E+06	3,15E-05	0
18	18 -- 19				3,66E+06	3,10E-05	0
19	19 -- 20				2,51E+07	3,03E-05	0
20	20 -- 21				2,51E+07	2,85E-05	0
21	21 -- 22				2,51E+07	2,57E-05	0
22	22 -- 23				2,51E+07	2,30E-05	0
23	23 -- 24				2,51E+07	1,86E-05	0
24	24 -- 25				2,51E+07	1,49E-05	0
25	25 -- 26				2,51E+07	1,33E-05	0
26	26 -- 27				2,51E+07	1,18E-05	0
27	27 -- 28				2,51E+07	1,05E-05	0
28	28 -- 29				2,51E+07	9,22E-06	0
29	29 -- 30				2,51E+07	6,92E-06	0
30	30 -- 31				2,51E+07	4,88E-06	0
31	31 -- 32				2,51E+07	3,07E-06	0
32	32 -- 33				2,51E+07	1,45E-06	0
33					2,51E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,89	67,66	16,11
3	3 -- 4	14,18	68,49	178,13
4	4 -- 5	24,60	69,62	381,84
5	5 -- 6	36,57	70,87	589,07
6	6 -- 7	81,48	327,94	670,88
7	7 -- 8	90,78	328,78	1261,92
8	8 -- 9	107,42	330,26	2234,01
9	9 -- 10	125,77	331,83	3210,59
10	10 -- 11	182,83	585,19	3975,30
11	11 -- 12	187,84	585,56	4355,80
12	12 -- 13	220,17	587,33	6085,82
13	13 -- 14	249,31	589,25	7821,18
14	14 -- 15	280,59	596,12	9562,13
15	15 -- 16	327,07	837,99	9857,78
16	16 -- 17	354,98	839,66	11912,90
17	17 -- 18	374,54	840,69	13152,16
18	18 -- 19	394,69	841,73	14392,95
19	19 -- 20	434,75	968,61	16251,64
20	20 -- 21	447,13	969,23	17075,22
21	21 -- 22	469,09	970,30	18505,62
22	22 -- 23	491,65	971,39	19937,62
23	23 -- 24	541,82	973,58	22806,44
24	24 -- 25	634,48	975,78	25681,74
25	25 -- 26	659,48	976,78	26999,72
26	26 -- 27	685,02	977,79	28319,05
27	27 -- 28	714,35	978,84	29713,14
28	28 -- 29	744,33	979,88	31108,73
29	29 -- 30	806,20	981,91	33904,27
30	30 -- 31	870,64	983,84	36705,47
31	31 -- 32	937,65	985,61	39511,94
32	32 -- 33	1007,21	987,09	42323,03
33		1133,06	988,58	45138,36

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 795	16,11	6,89	35	16,4	1217,6	0,01
2	500 / 795	178,13	14,18	147	180,5	1640,9	0,11
3	500 / 795	381,84	24,60	179	388,6	2253,2	0,17
4	500 / 795	589,07	36,57	174	602,2	2962,6	0,21
5	795 / 1090	670,88	81,48	66	689,3	3602,0	0,20
6	795 / 1090	1261,92	90,78	102	1289,6	4159,5	0,31
7	795 / 1090	2234,01	107,42	161	2279,0	5160,0	0,45
8	795 / 1090	3210,59	125,77	151	3274,5	6268,3	0,53
9	1090 / 1287	3975,30	182,83	110	4059,4	7887,1	0,52
10	1090 / 1287	4355,80	187,84	30	4445,5	8191,2	0,55
11	1090 / 1287	6085,82	220,17	130	6204,1	9643,9	0,65
12	1287/ 1582	7821,18	249,31	119	7969,1	12661,5	0,64
13	1287/ 1582	9562,13	280,59	109	9740,6	14575,7	0,68
14	1287/ 1582	9857,78	327,07	17	10041,9	14913,5	0,68
15	1287/ 1582	11912,90	354,98	81	12125,7	16624,6	0,74
16	1582/ 1876	13152,16	374,54	45	13381,9	19713,9	0,69
17	1582/ 1876	14392,95	394,69	43	14639,6	20952,1	0,71
18	1582/ 1876	16251,64	434,75	57	16523,0	22780,2	0,73
19	1582/ 1876	17075,22	447,13	22	17356,2	23541,9	0,75
20	1582/ 1876	18505,62	469,09	36	18803,4	24893,3	0,76
21	1582/ 1876	19937,62	491,65	33	20251,7	26282,5	0,78
22	1876/ 2163	22806,44	541,82	60	23153,0	31162,7	0,75
23	1876/ 2163	25681,74	634,48	51	26060,9	34417,6	0,77
24	1876/ 2163	26999,72	659,48	21	27392,5	35961,1	0,77
25	1876/ 2163	28319,05	685,02	19	28724,7	37538,4	0,77
26	2163/ 2733	29713,14	714,35	18	30131,8	41742,2	0,73
27	2163/ 2733	31108,73	744,33	16	31539,6	43595,1	0,73
28	2163/ 2733	33904,27	806,20	28	34357,5	47421,5	0,73
29	2163/ 2733	36705,47	870,64	21	37177,1	51409,0	0,73
30	2163/ 2733	39511,94	937,65	15	39997,4	55557,5	0,73
31	2163/ 2733	42323,03	1007,21	9	42817,2	59866,9	0,73
32	2163/ 2733	45138,36	1133,06	3	45635,8	64337,4	0,72

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
598	18,0	33,24	0,81	355	355
697	18,0	38,70	0,81	355	355
795	18,0	44,16	0,81	355	355
833	20,0	41,66	0,81	355	355
893	20,0	44,66	0,81	355	355
992	20,0	49,58	0,81	355	355
1090	20,0	54,50	0,81	355	355
1167	22,0	53,03	0,81	355	355
1188	22,0	54,01	0,81	355	355
1287	22,0	58,48	0,81	355	355
1385	25,0	55,39	0,81	355	355
1483	25,0	59,33	0,81	355	355
1500	25,0	59,99	0,81	353	355
1582	25,0	63,26	0,81	341	355
1631	28,0	58,24	0,81	355	355
1680	28,0	59,99	0,81	353	355
1750	28,0	62,49	0,81	343	355
1778	28,0	63,51	0,81	340	355
1827	28,0	65,26	0,81	333	355
1876	28,0	67,02	0,81	327	355
1975	30,0	65,83	0,81	331	355
2073	30,0	69,10	0,81	321	355
2118	30,0	70,60	0,81	316	355
2163	30,0	72,10	0,81	312	355
2211	32,0	69,08	0,81	321	355
2258	32,0	70,56	0,81	316	355
2353	32,0	73,53	0,81	308	355
2448	32,0	76,50	0,81	300	355
2543	32,0	79,47	0,81	293	355
2638	32,0	82,44	0,81	286	355
2733	32,0	85,41	0,81	280	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 795	4,96	0,25	355	355	0,01
2	500 / 795	45,07	0,46	355	355	0,13
3	500 / 795	71,29	0,69	355	355	0,20
4	500 / 795	82,35	0,89	355	355	0,23
5	795 / 1090	71,30	1,63	355	355	0,21
6	795 / 1090	118,13	1,71	355	355	0,34
7	795 / 1090	174,13	1,85	355	355	0,50
8	795 / 1090	203,91	1,96	355	355	0,58
9	1090 / 1287	195,72	2,39	355	355	0,56
10	1090 / 1287	196,33	2,35	355	355	0,56
11	1090 / 1287	247,39	2,62	355	355	0,70
12	1287/ 1582	240,67	2,42	355	355	0,68
13	1287/ 1582	254,22	2,54	355	355	0,72
14	1287/ 1582	241,78	2,84	355	353	0,69
15	1287/ 1582	273,18	2,98	355	341	0,78
16	1582/ 1876	248,60	2,70	355	355	0,71
17	1582/ 1876	255,66	2,76	355	353	0,73
18	1582/ 1876	268,37	2,93	355	343	0,76
19	1582/ 1876	266,05	2,93	355	340	0,76
20	1582/ 1876	275,69	3,00	355	333	0,79
21	1582/ 1876	281,02	3,06	355	327	0,80
22	1876/ 2163	277,72	3,03	355	331	0,79
23	1876/ 2163	282,32	3,38	355	321	0,81
24	1876/ 2163	276,38	3,39	355	316	0,79
25	1876/ 2163	277,51	3,44	355	312	0,79
26	2163/ 2733	261,98	3,30	355	321	0,75
27	2163/ 2733	262,44	3,36	355	316	0,75
28	2163/ 2733	268,13	3,53	355	308	0,77
29	2163/ 2733	267,19	3,66	355	300	0,76
30	2163/ 2733	265,59	3,79	355	293	0,76
31	2163/ 2733	263,47	3,92	355	286	0,76
32	2163/ 2733	260,96	4,25	355	280	0,75

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

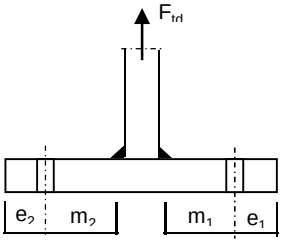
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

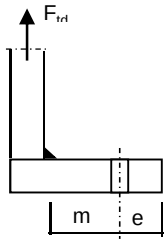
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

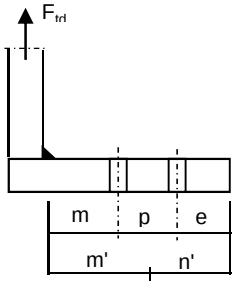
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3083					
st.c binnenkant		2319					
2701	104	631,86	9,51	33	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 19,80 m hoogte.							
st.c buitenkant		1860,00					
st.c binnenkant		1660,00					
	80	760,64	12,20	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,72
flenzen op 43,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1090,00					
1090,00	28	789,75	20,98	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,74

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			140,1
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			186,3
flenzen op 19,80 m hoogte.							
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
flenzen op 43,40 m hoogte.							
1090,00	1090,0	66,5	60,0	60,0			122,3
1090,00	1090,0	69,5	60,0	60,0			122,3

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,17E+08	2790,20	1534,82	1696,90	1534,82	1263,73	0,82
100	1,56E+08	3709,44	1781,66	1696,90	1696,90	1263,73	0,74
flenzen op 19,80 m hoogte.							
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1521,27	0,85
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1521,27	0,85
flenzen op 43,40 m hoogte.							
80	6,56E+07	1971,88	1021,34	1060,56	1021,34	789,75	0,77
80	6,56E+07	1886,75	997,67	1060,56	997,67	789,75	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2733	0,72	1,617	0,18	6,44

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	982	1,000		1,000			
2	967	0,985	1 -- 2	0,992	133	450	1022,4
3	906	0,922	2 -- 3	0,954	607		255,0
4	830	0,845	3 -- 4	0,884	869		294,4
5	756	0,770	4 -- 5	0,808	997		338,1
6	727	0,741	5 -- 6	0,755	468	3346	3316,3
7	683	0,696	6 -- 7	0,719	776		430,9
8	613	0,625	7 -- 8	0,660	1386		470,0
9	547	0,557	8 -- 9	0,591	1529		518,5
10	497	0,506	9 -- 10	0,532	1415	3412	2098,6
11	483	0,492	10 -- 11	0,499	417		641,9
12	424	0,432	11 -- 12	0,462	1990	705	913,3
13	368	0,375	12 -- 13	0,403	2428		823,1
14	316	0,322	13 -- 14	0,348	2607		883,7
15	308	0,313	14 -- 15	0,318	460	3486	7890,6
16	268	0,273	15 -- 16	0,293	2326		949,5
17	246	0,250	16 -- 17	0,262	1629		1104,7
18	224	0,228	17 -- 18	0,239	1680		1138,6
19	195	0,199	18 -- 19	0,214	2478	880	1598,8
20	184	0,188	19 -- 20	0,193	1032		1213,7
21	166	0,169	20 -- 21	0,178	1830		1240,5
22	148	0,151	21 -- 22	0,160	1880		1274,4
23	116	0,118	22 -- 23	0,135	4182		1417,5
24	88	0,090	23 -- 24	0,104	4396	3325	2617,4
25	76	0,078	24 -- 25	0,084	2083		1543,2
26	66	0,067	25 -- 26	0,072	2128		1576,5
27	55	0,056	26 -- 27	0,062	2445		1715,5
28	46	0,047	27 -- 28	0,052	2498		1753,0
29	29	0,030	28 -- 29	0,038	5156		1809,2
30	17	0,017	29 -- 30	0,023	5370		1884,2
31	7	0,008	30 -- 31	0,012	5584		1959,1
32	2	0,002	31 -- 32	0,005	5797		2034,1
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	6011	4476	3679,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	1022	0,992	0,570	0,56	574,05	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	552,02	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,31	678,69	2,61
4 -- 5	338	0,808	2,950	1,92	650,63	2,38
5 -- 6	3316	0,755	1,150	0,66	2176,27	0,87
6 -- 7	431	0,719	1,800	0,93	400,47	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,29	604,81	1,95
8 -- 9	518	0,591	2,950	1,03	533,86	1,74
9 -- 10	2099	0,532	2,300	0,65	1363,56	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	104,01	0,32
11 -- 12	913	0,462	2,950	0,63	574,99	1,36
12 -- 13	823	0,403	2,950	0,48	394,71	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	316,24	1,03
14 -- 15	7891	0,318	0,500	0,05	397,82	0,16
15 -- 16	949	0,293	2,450	0,21	199,89	0,72
16 -- 17	1105	0,262	1,475	0,10	111,49	0,39
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	96,11	0,35
18 -- 19	1599	0,214	2,100	0,10	153,14	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,51	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	58,05	0,26
21 -- 22	1274	0,160	1,475	0,04	48,00	0,24
22 -- 23	1417	0,135	2,950	0,05	75,75	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	83,45	0,31
24 -- 25	1543	0,084	1,350	0,01	14,62	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,17	0,10
26 -- 27	1716	0,062	1,425	0,01	9,30	0,09
27 -- 28	1753	0,052	1,425	0,00	6,63	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,57	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,95	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,91	10239,71	22,84

m_e = 10239,7 / 13,9 = 736,0 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2733	736,0	0,030	1,25	1,617	13,5

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,5

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 22,84 / (4 * π * 13,91) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,617 * 6,44 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6

Lj = 9,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,47 / 22,84 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,131 * 0,37 * 0,2 = 0,022

$y_{F;max}$ = 1,617 * 0,022 = 0,036 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		137168	137168	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			137168	7,82E+07	4,7E-02	973
3	3 -- 4			137168	4,05E+08	4,5E-02	863
4	4 -- 5			137168	8,09E+08	4,0E-02	738
5	5 -- 6			137168	1,21E+09	3,5E-02	628
6	6 -- 7			137168	1,37E+09	3,3E-02	589
7	7 -- 8			137168	1,62E+09	3,0E-02	532
8	8 -- 9			137168	2,02E+09	2,6E-02	449
9	9 -- 10			137168	2,43E+09	2,2E-02	378
10	10 -- 11			137168	2,74E+09	2,0E-02	330
11	11 -- 12			137168	2,83E+09	1,9E-02	317
12	12 -- 13			137168	3,24E+09	1,6E-02	265
13	13 -- 14			137168	3,64E+09	1,4E-02	220
14	14 -- 15			137168	4,05E+09	1,2E-02	181
15	15 -- 16			137168	4,12E+09	1,2E-02	175
16	16 -- 17			137168	4,45E+09	1,0E-02	147
17	17 -- 18			137168	4,65E+09	9,7E-03	133
18	18 -- 19			137168	4,86E+09	9,0E-03	119
19	19 -- 20			137168	5,14E+09	8,1E-03	101
20	20 -- 21			137168	5,26E+09	7,7E-03	94
21	21 -- 22			137168	5,46E+09	7,1E-03	83
22	22 -- 23			137168	5,67E+09	6,5E-03	73
23	23 -- 24			137168	6,07E+09	5,5E-03	56
24	24 -- 25			137168	6,47E+09	4,5E-03	41
25	25 -- 26			137168	6,66E+09	4,1E-03	35
26	26 -- 27			137168	6,84E+09	3,7E-03	30
27	27 -- 28			137168	7,04E+09	3,3E-03	25
28	28 -- 29			137168	7,24E+09	3,0E-03	20
29	29 -- 30			137168	7,63E+09	2,3E-03	13
30	30 -- 31			137168	8,02E+09	1,7E-03	7
31	31 -- 32			137168	8,41E+09	1,1E-03	3
32	32 -- 33			137168	8,80E+09	5,2E-04	1
33				137168	9,19E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	18,0	3429758	23	0,0357	1,6
2	598	18,0	4622182	88	0,0357	6,3
3	697	18,0	6347085	128	0,0357	9,1
4	795	18,0	8345293	145	0,0357	10,4
5	833	20,0	10146485	135	0,0357	9,7
6	893	20,0	11716965	138	0,0357	9,9
7	992	20,0	14535293	139	0,0357	10,0
8	1090	20,0	17657300	137	0,0357	9,8
9	1167	22,0	22217085	123	0,0357	8,8
10	1188	22,0	23073828	123	0,0357	8,8
11	1287	22,0	27165945	119	0,0357	8,5
12	1385	25,0	35666334	102	0,0357	7,3
13	1483	25,0	41058306	99	0,0357	7,0
14	1500	25,0	42009821	98	0,0357	7,0
15	1582	25,0	46829878	95	0,0357	6,8
16	1631	28,0	55532051	84	0,0357	6,0
17	1680	28,0	59020129	82	0,0357	5,9
18	1750	28,0	64169592	80	0,0357	5,7
19	1778	28,0	66315149	79	0,0357	5,7
20	1827	28,0	70122092	78	0,0357	5,6
21	1876	28,0	74035323	77	0,0357	5,5
22	1975	30,0	87782333	69	0,0357	4,9
23	2073	30,0	96951101	67	0,0357	4,8
24	2118	30,0	101298906	66	0,0357	4,7
25	2163	30,0	105742107	65	0,0357	4,6
26	2211	32,0	117583678	60	0,0357	4,3
27	2258	32,0	122803006	59	0,0357	4,2
28	2353	32,0	133581792	57	0,0357	4,1
29	2448	32,0	144814086	55	0,0357	4,0
30	2543	32,0	156499889	54	0,0357	3,8
31	2638	32,0	168639201	52	0,0357	3,7
32	2733	32,0	181232022	51	0,0357	3,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,72 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,44 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 62,1505 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,20

$V_m(z)$ = 32,4 m/s

V_o = 32,4 * 20 / 100 = 6,49 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,72 * [6,44 / 6,50]^2 * \exp[-(6,44 / 6,50)^2]$ = 2,53E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

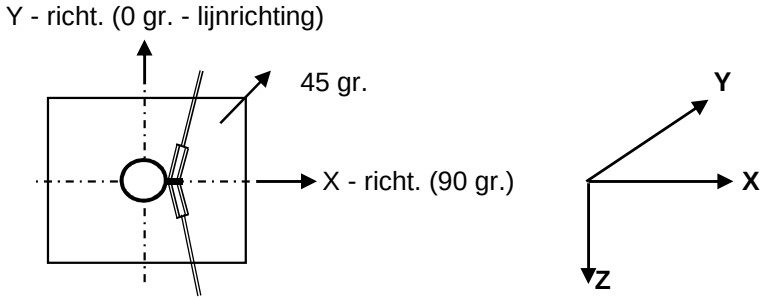
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	7,51	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
4	Lasnaad	10,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
5	Lasnaad	12,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	11,85	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
8	Lasnaad	11,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
9	Lasnaad	11,80	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	10,53	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
12	flenzen	10,22	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
13	Lasnaad	8,76	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
14	Lasnaad	8,45	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	8,15	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,06	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	6,81	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	6,56	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
23	Lasnaad	5,93	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
24	flenzen	5,73	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
25							
26	Lasnaad	5,55	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
27							
28	Lasnaad	5,05	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
29	Lasnaad	4,90	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
30	Lasnaad	4,75	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
31	Lasnaad	4,61	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
32	Lasnaad	4,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
33	voetplaat	4,35	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			1004			
2 - Windbelasting mast	144				4481	
3 - Belasting geval 1a	837		129		39304	
4 - Belasting geval 1b	559		144		25993	
5 - Belasting geval 3	948		273		43878	
6 - Belasting geval 4	569		167		26424	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	981		1133		43786	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	586		1147		26833	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	989		**1277**		**45138**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	596		1171		27264	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	37205	kNm	45138	kNm	45138	kNm
Dwarskracht	835	kN	989	kN	989	kN
Verticale kracht	947	kN	1277	kN	852	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	631,86	9,51	33	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	520,68	8,03	33	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 631,9 kN

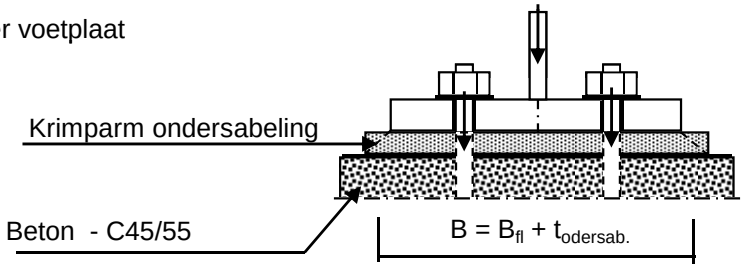
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 520,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 655,0 + 1,00 * 520,7 = 1175,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

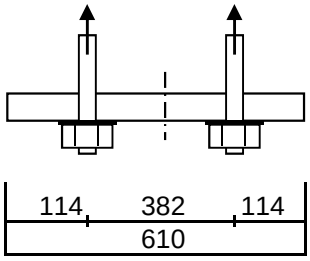
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	672,0	mm	D =	2701	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	104	
B =	712,0	mm			

A_{voetpl} = 712 * 2*π*D / n = 116185 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

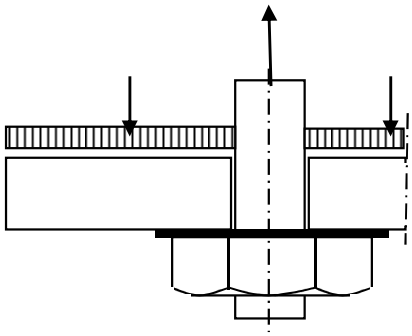


D = 2701 mm
n = 104

$A_{stortring}$ = 610 * $2*\pi*D / n$ = 99541 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 114 mm
L_{veld} = 382 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 82496 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2425 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 149078 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 149078 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2425 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 149078 / 179718,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 294,5 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2425 / 9223 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 53,9 N/mm^2

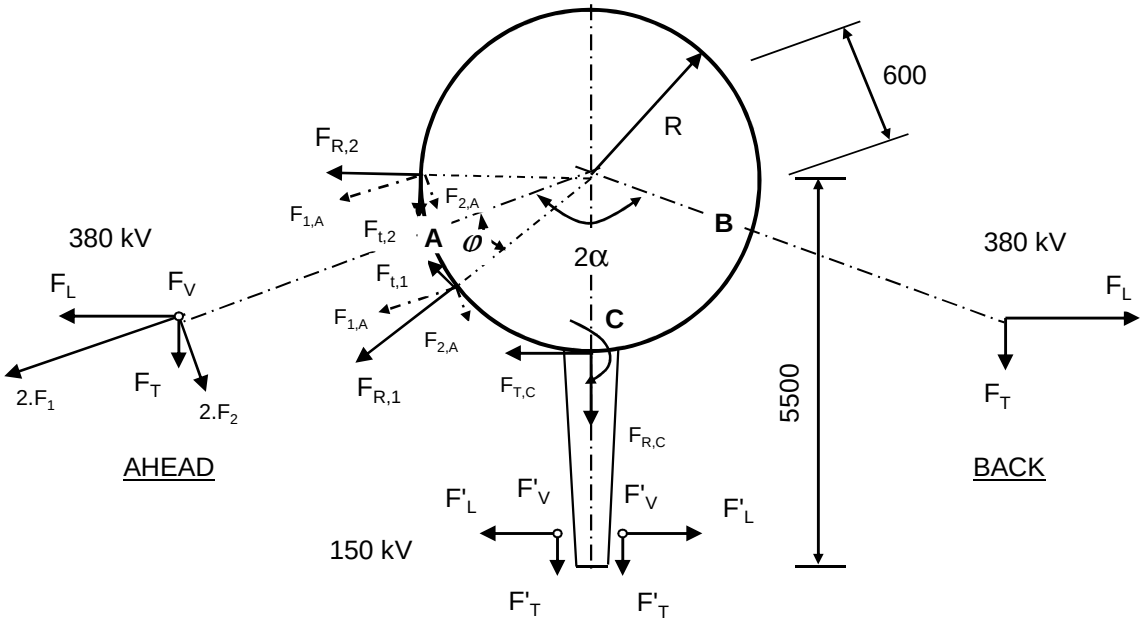
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (294,5^2 + 3*53,9^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 309 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

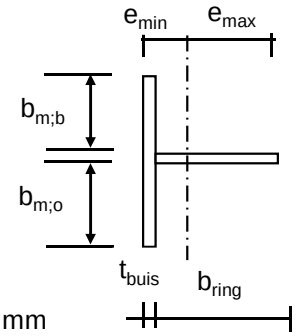
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

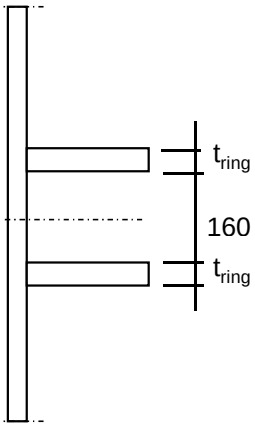
Opmerking:
In mast W2H400+10 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 57,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	8918	mm^2	
e_{min} =	33,5	mm	
e_{max} =	121,5	mm	
I =	15614845	mm^4	
W_{min} =	128480	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2111	kN	
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	4803	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 57,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,6 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) =	37,2	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	51,8	41,9	51,8	41,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	54,8	48,1	54,8	48,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	31,0	28,7	55,4	44,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	49,0	46,3	56,0	48,8		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	38,4	32,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	42,0	36,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	30,5	28,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	36,4	34,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

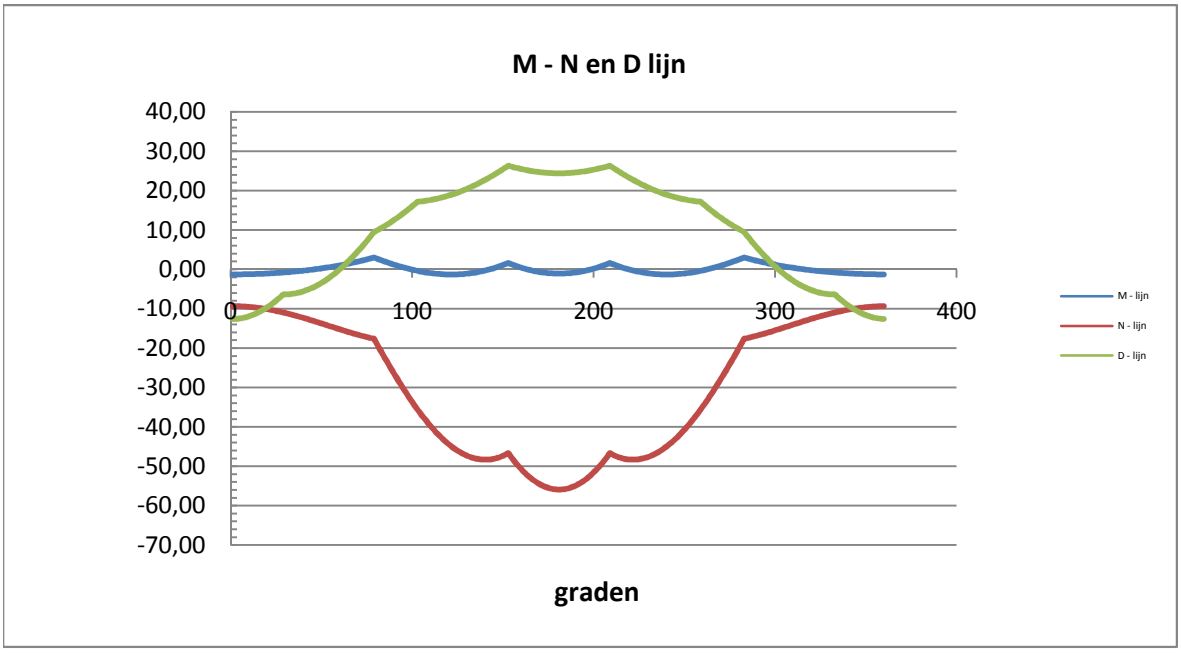
Belastinggeval : BG 1 - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,28	-9,34	-12,57	0,13	1,57
15,0	-1,15	-9,82	-10,73	0,42	4,87
30,0	-0,73	-11,17	-6,30	0,74	8,61
45,0	0,01	-13,14	-4,43	1,11	13,00
60,0	1,12	-15,35	0,39	1,55	18,10
75,0	2,67	-17,31	7,78	1,59	18,51
90,0	1,09	-27,21	12,88	1,73	20,16
105,0	-0,64	-37,45	17,36	0,66	7,76
120,0	-1,31	-44,73	18,89	0,60	7,05
135,0	-0,70	-48,16	21,74	1,97	22,97
150,0	1,27	-47,18	25,74	1,55	18,07
165,0	-0,28	-53,25	25,01	0,79	9,25
180,0	-1,07	-55,95	24,44	0,79	9,25
195,0	-0,28	-53,25	25,01	1,55	18,07
210,0	1,27	-47,18	25,74	1,97	22,97
225,0	-0,70	-48,16	21,74	0,60	7,05
240,0	-1,31	-44,73	18,89	0,66	7,76
255,0	-0,64	-37,45	17,36	1,73	20,16
270,0	1,09	-27,21	12,88	1,59	18,51
285,0	2,67	-17,31	7,78	1,55	18,10
300,0	1,12	-15,35	0,39	1,11	13,00
315,0	0,01	-13,14	-4,43	0,74	8,61
330,0	-0,73	-11,17	-6,30	0,42	4,87
345,0	-1,15	-9,82	-10,73	0,13	1,56
360,0	-1,28	-9,34	-12,56	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

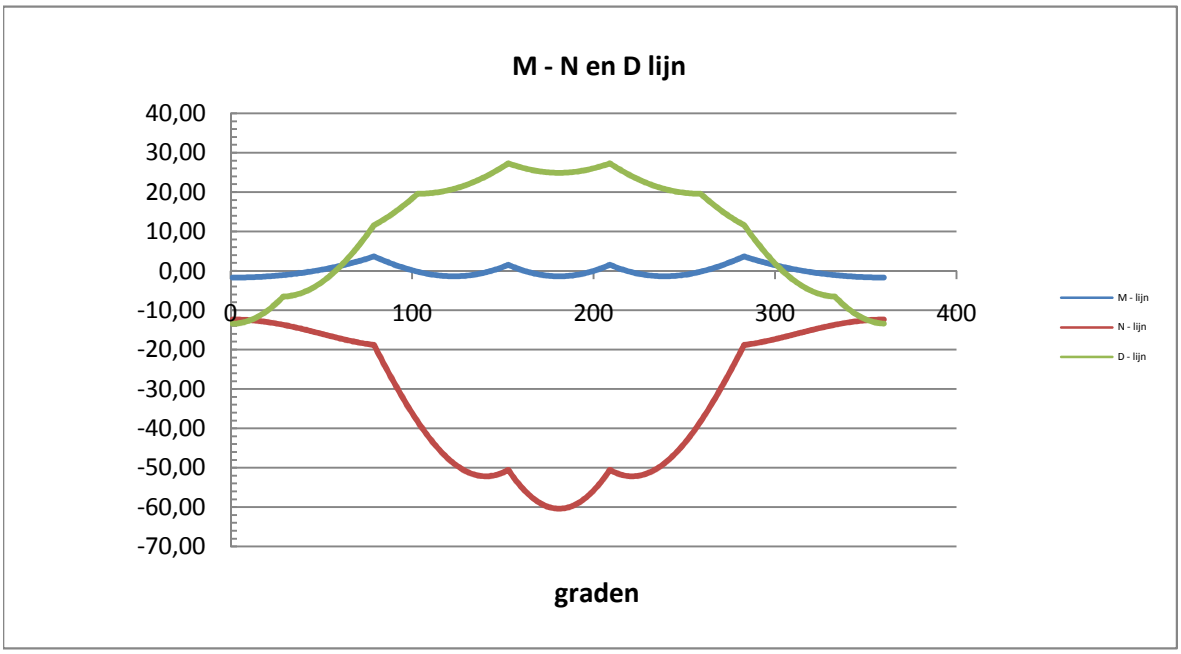
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



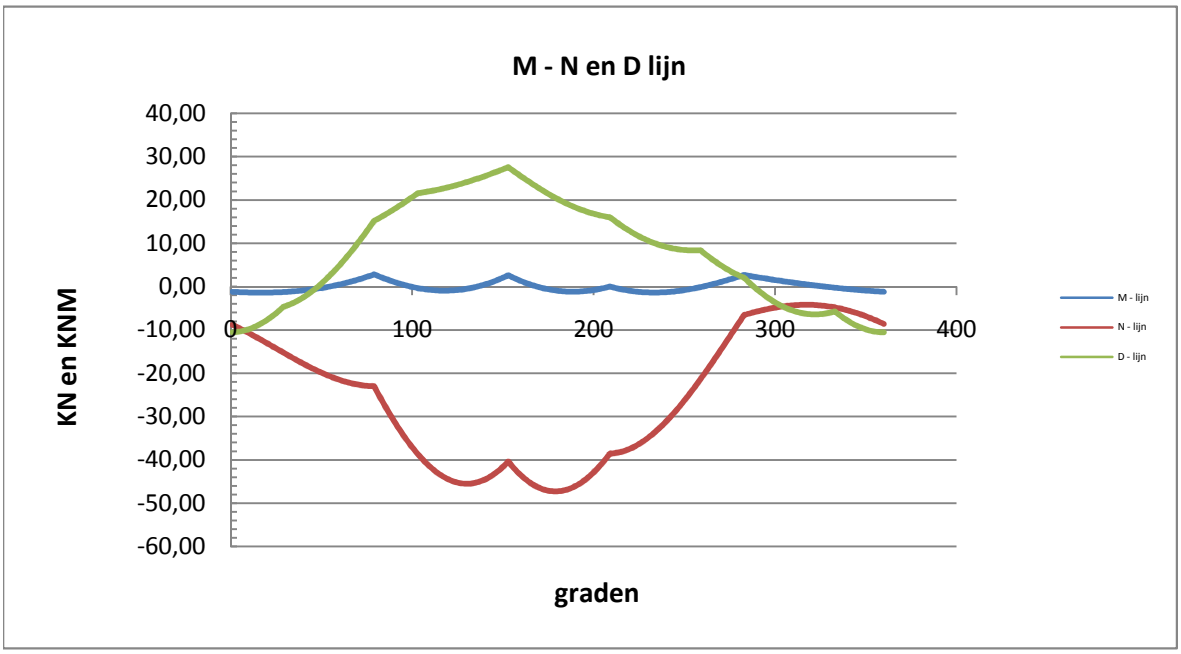
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,68	-12,35	-13,43	0,18	2,07
15,0	-1,50	-12,76	-11,41	0,54	6,34
30,0	-0,96	-13,90	-6,48	0,94	10,99
45,0	-0,01	-15,51	-4,13	1,38	16,16
60,0	1,37	-17,25	1,41	1,88	21,90
75,0	3,25	-18,63	9,68	1,76	20,55
90,0	1,49	-29,18	15,10	1,98	23,13
105,0	-0,49	-40,25	19,61	0,84	9,80
120,0	-1,33	-48,15	20,59	0,53	6,14
135,0	-0,81	-51,95	22,99	2,00	23,32
150,0	1,19	-51,03	26,73	1,69	19,71
165,0	-0,50	-57,52	25,63	0,86	9,99
180,0	-1,36	-60,41	24,91	0,86	9,99
195,0	-0,50	-57,52	25,63	1,69	19,71
210,0	1,19	-51,03	26,73	2,00	23,32
225,0	-0,81	-51,95	22,99	0,53	6,14
240,0	-1,33	-48,15	20,59	0,84	9,80
255,0	-0,49	-40,25	19,61	1,98	23,13
270,0	1,49	-29,18	15,10	1,76	20,55
285,0	3,25	-18,63	9,68	1,88	21,90
300,0	1,37	-17,25	1,41	1,38	16,16
315,0	-0,01	-15,51	-4,13	0,94	10,99
330,0	-0,96	-13,90	-6,48	0,54	6,34
345,0	-1,50	-12,76	-11,41	0,18	2,06
360,0	-1,68	-12,36	-13,42	0,00	0,01



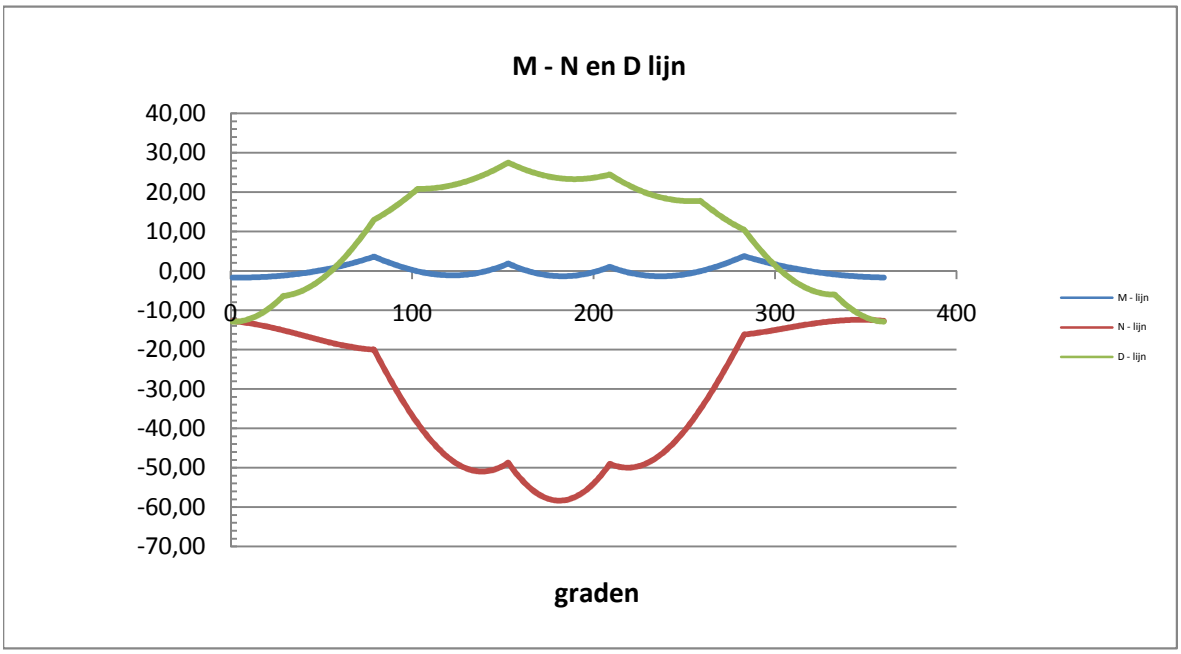
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,21	-8,84	-10,55	0,17	2,02
15,0	-1,38	-12,13	-8,73	0,17	2,03
30,0	-1,20	-15,72	-4,40	0,62	7,26
45,0	-0,58	-19,08	-0,72	1,17	13,60
60,0	0,58	-21,67	5,38	1,78	20,78
75,0	2,36	-22,94	13,38	1,42	16,55
90,0	0,95	-31,67	18,08	1,49	17,38
105,0	-0,54	-39,99	21,70	0,36	4,15
120,0	-0,90	-44,68	23,01	0,91	10,62
135,0	0,01	-45,16	24,89	2,19	25,55
150,0	2,20	-41,23	27,20	1,84	21,43
165,0	0,36	-45,52	23,76	1,35	15,79
180,0	-0,99	-47,22	20,00	0,02	0,18
195,0	-1,00	-44,38	17,31	0,79	9,23
210,0	-0,21	-38,48	15,35	1,03	11,97
225,0	-1,24	-36,08	11,39	0,00	0,03
240,0	-1,24	-30,70	9,04	0,87	10,14
255,0	-0,37	-23,07	8,33	1,52	17,79
270,0	1,15	-14,09	4,66	1,30	15,17
285,0	2,45	-6,22	0,83	1,01	11,76
300,0	1,44	-4,81	-3,89	0,87	10,13
315,0	0,58	-4,22	-6,20	0,75	8,70
330,0	-0,17	-4,69	-5,97	0,61	7,10
345,0	-0,78	-6,26	-9,23	0,41	4,74
360,0	-1,18	-8,64	-10,56	0,02	0,25



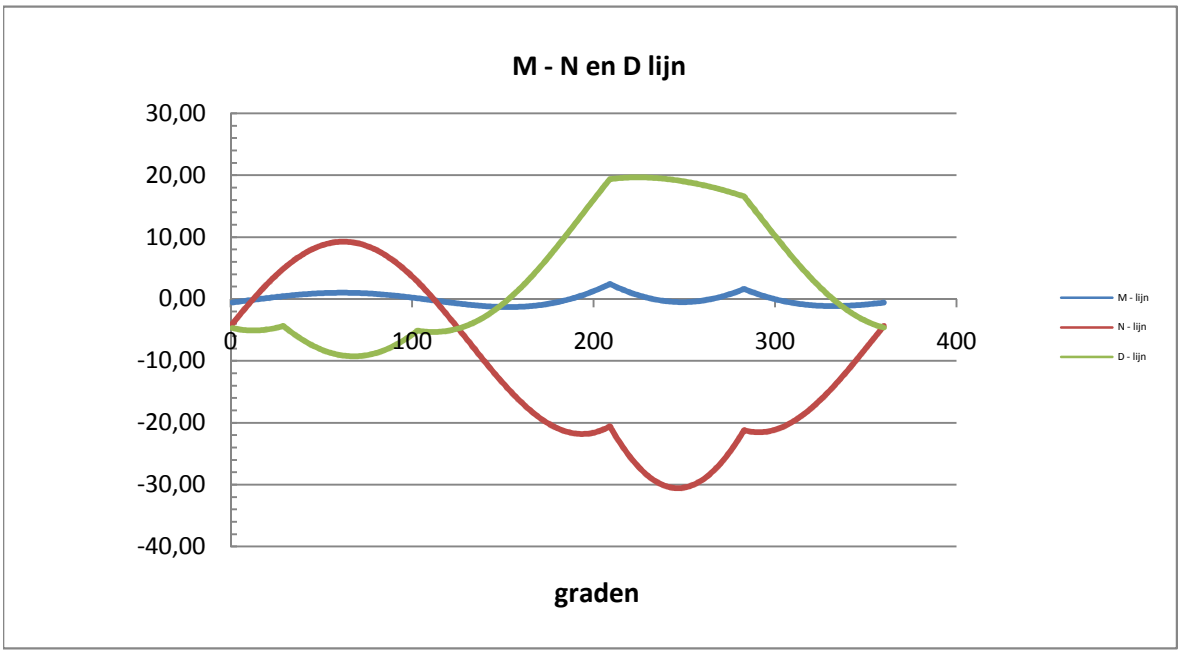
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,73	-12,77	-12,93	0,10	1,17
15,0	-1,63	-13,79	-11,06	0,50	5,78
30,0	-1,13	-15,35	-6,25	0,93	10,90
45,0	-0,20	-17,17	-3,43	1,42	16,63
60,0	1,23	-18,85	2,50	1,96	22,89
75,0	3,19	-19,92	11,02	1,70	19,79
90,0	1,49	-30,06	16,45	1,91	22,24
105,0	-0,41	-40,58	20,82	0,75	8,81
120,0	-1,17	-47,81	21,65	0,60	7,01
135,0	-0,57	-50,88	23,72	2,04	23,84
150,0	1,48	-49,29	26,96	1,81	21,10
165,0	-0,33	-55,51	25,10	1,05	12,25
180,0	-1,38	-58,35	23,53	0,60	7,05
195,0	-0,78	-55,64	23,42	1,47	17,13
210,0	0,69	-49,36	23,90	1,72	20,12
225,0	-1,03	-49,44	20,33	0,32	3,77
240,0	-1,36	-45,12	18,26	0,96	11,17
255,0	-0,40	-37,04	17,70	2,01	23,44
270,0	1,61	-26,15	13,60	1,74	20,33
285,0	3,35	-16,03	8,63	1,81	21,15
300,0	1,54	-14,96	0,96	1,38	16,16
315,0	0,15	-13,77	-4,07	0,99	11,57
330,0	-0,84	-12,83	-6,04	0,62	7,27
345,0	-1,46	-12,45	-10,85	0,26	3,03
360,0	-1,72	-12,72	-12,91	0,01	0,08



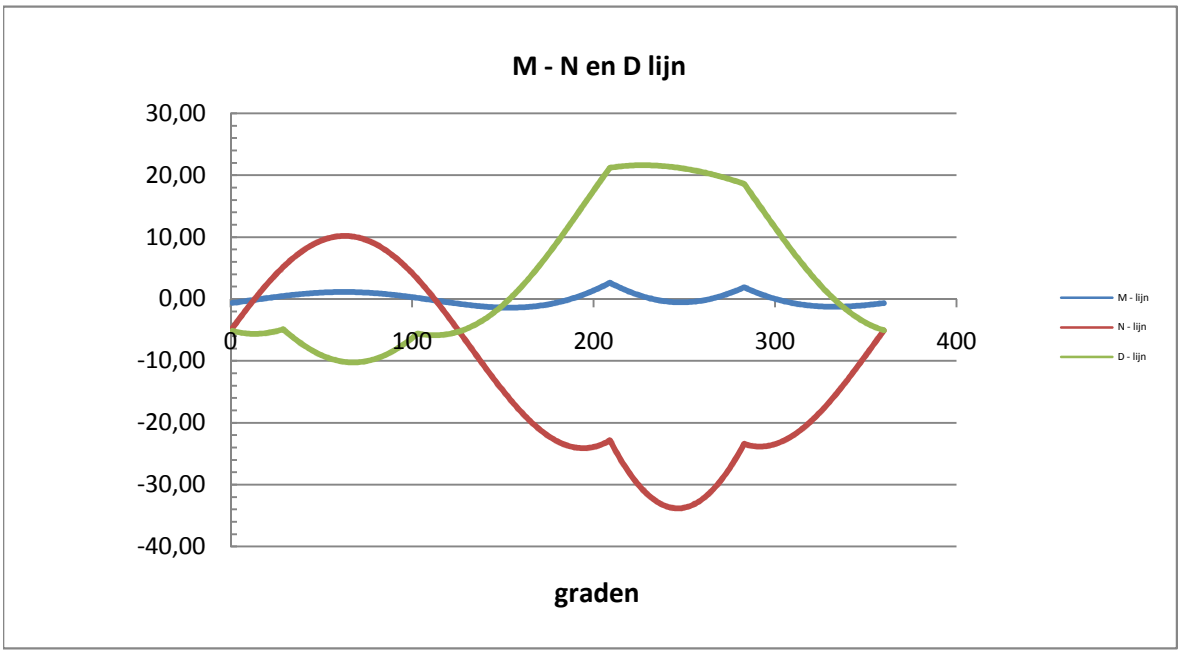
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,55	-4,01	-4,69	0,54	6,35
15,0	0,00	1,12	-5,06	0,51	6,00
30,0	0,51	5,34	-4,83	0,37	4,26
45,0	0,88	8,15	-7,64	0,14	1,59
60,0	1,01	9,22	-9,10	0,12	1,43
75,0	0,89	8,44	-9,03	0,36	4,19
90,0	0,53	5,89	-7,41	0,52	6,11
105,0	0,01	1,86	-5,23	0,57	6,70
120,0	-0,57	-3,20	-5,08	0,48	5,63
135,0	-1,05	-8,67	-3,52	0,24	2,74
150,0	-1,28	-13,91	-0,56	0,16	1,87
165,0	-1,12	-18,23	3,68	0,68	7,90
180,0	-0,45	-21,03	8,86	1,27	14,85
195,0	0,83	-21,80	14,51	1,33	15,54
210,0	2,16	-21,59	19,43	1,66	19,35
225,0	0,50	-27,50	19,65	0,88	10,27
240,0	-0,38	-30,36	19,36	0,02	0,24
255,0	-0,40	-29,92	18,67	0,83	9,64
270,0	0,42	-26,25	17,63	0,85	9,97
285,0	1,28	-21,42	15,45	1,38	16,08
300,0	-0,10	-21,06	9,84	0,78	9,12
315,0	-0,88	-18,61	4,60	0,25	2,96
330,0	-1,13	-14,55	0,23	0,16	1,86
345,0	-0,98	-9,46	-2,93	0,39	4,61
360,0	-0,58	-4,38	-4,62	0,03	0,40



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,64	-4,69	-5,15	0,60	7,01
15,0	-0,04	1,02	-5,62	0,57	6,70
30,0	0,54	5,73	-5,40	0,41	4,83
45,0	0,95	8,91	-8,50	0,16	1,92
60,0	1,12	10,18	-10,08	0,12	1,42
75,0	0,99	9,40	-9,97	0,39	4,49
90,0	0,61	6,65	-8,15	0,57	6,66
105,0	0,04	2,25	-5,74	0,63	7,38
120,0	-0,59	-3,30	-5,62	0,54	6,27
135,0	-1,13	-9,34	-3,97	0,27	3,16
150,0	-1,40	-15,15	-0,75	0,16	1,86
165,0	-1,24	-19,98	3,88	0,73	8,48
180,0	-0,52	-23,14	9,57	1,38	16,13
195,0	0,87	-24,09	15,81	1,45	16,96
210,0	2,32	-23,95	21,26	1,81	21,08
225,0	0,51	-30,46	21,60	0,94	11,02
240,0	-0,43	-33,60	21,39	0,01	0,08
255,0	-0,42	-33,10	20,73	0,94	11,01
270,0	0,52	-29,01	19,68	0,96	11,23
285,0	1,48	-23,67	17,34	1,55	18,12
300,0	-0,07	-23,37	11,13	0,89	10,39
315,0	-0,96	-20,75	5,31	0,30	3,53
330,0	-1,26	-16,31	0,42	0,16	1,88
345,0	-1,10	-10,72	-3,13	0,43	5,00
360,0	-0,67	-5,09	-5,06	0,04	0,43



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	58,4	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	3,77	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	5,4	kNm	M_{Rd} =	4803	kNm
$V_{Ed;max}$ =	27,5	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 58,35 / 2111 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 3,77 / 30,4 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 29,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 27,47 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 16,19

V_{Ed} = 10,41

$\sigma_b + \sigma_N$ = 29,3 + 1,8 = 31,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

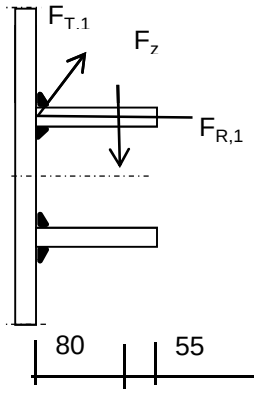
τ_z = 3,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 32 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	54,76	kN
$F_{T,1,h}$ =	43,37	kN
F_z =	17,32	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	25,55	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 24,2 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 27,11 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 15,97 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 76,68 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 170,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 170,6 / 302,2 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 76,7 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

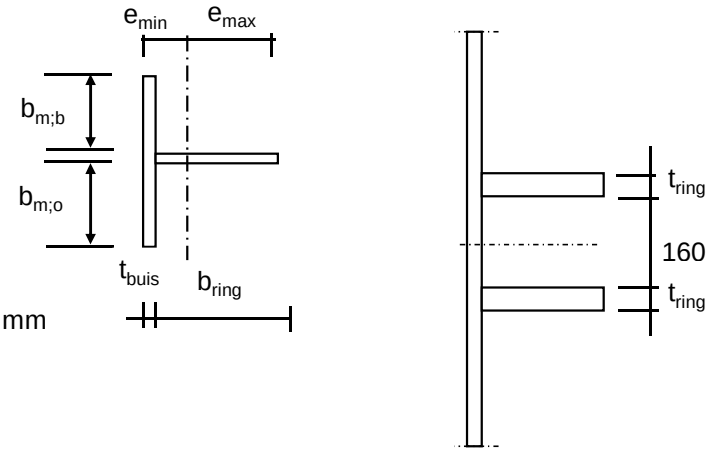
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 22 mm
$t_{buis;reken}$ = 22 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 232,0 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 10004 mm^2
e_{min} = 32,2 mm
e_{max} = 124,8 mm

I = 16542576 mm^4
W_{min} = 132539 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2367 kN
$M_{y;Rd}$ = 31 kNm
$M_{w;Rd}$ = 10516 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 47,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,3 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) =	26,9	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,3	37,1	59,3	37,1		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,5	43,1	64,5	43,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,2	25,9	63,3	39,2		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,2	41,9	65,7	43,6		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	29,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,4	32,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,8	25,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,0	31,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

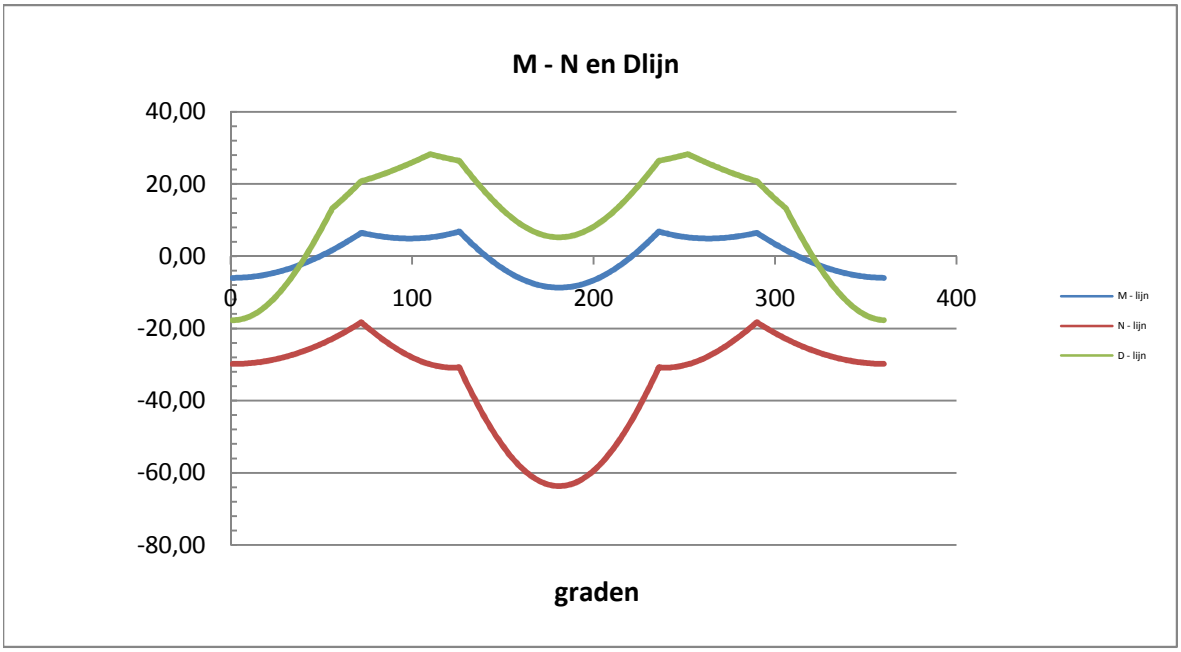
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-5,96	-29,84	-17,70	0,59	6,55
15,0	-5,37	-29,32	-15,08	1,76	19,43
30,0	-3,60	-27,75	-7,53	2,87	31,61
45,0	-0,73	-25,16	4,02	3,87	42,66
60,0	3,14	-21,55	15,48	2,98	32,80
75,0	6,12	-19,97	21,39	1,02	11,26
90,0	5,09	-25,50	24,09	0,01	0,09
105,0	5,08	-29,30	27,34	1,16	12,73
120,0	6,24	-30,84	26,96	4,15	45,73
135,0	2,09	-40,99	20,26	5,80	63,92
150,0	-3,71	-53,26	12,35	3,69	40,63
165,0	-7,40	-61,04	7,10	1,26	13,93
180,0	-8,66	-63,71	5,26	1,26	13,93
195,0	-7,40	-61,04	7,10	3,69	40,63
210,0	-3,71	-53,26	12,35	5,80	63,92
225,0	2,09	-40,99	20,26	4,15	45,73
240,0	6,24	-30,84	26,96	1,16	12,73
255,0	5,08	-29,30	27,34	0,01	0,09
270,0	5,09	-25,50	24,09	1,02	11,26
285,0	6,12	-19,97	21,39	2,98	32,80
300,0	3,14	-21,55	15,48	3,87	42,66
315,0	-0,73	-25,16	4,02	2,87	31,61
330,0	-3,60	-27,75	-7,53	1,76	19,43
345,0	-5,37	-29,32	-15,08	0,59	6,52
360,0	-5,96	-29,84	-17,68	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250\ mm^3$

$I = 16542576\ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	63,7	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,66	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	24,6	kNm	M_{Rd} =	10516	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 63,71 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,66 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 65,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,26 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 63,71

V_{Ed} = 5,26

$\sigma_b + \sigma_N$ = 65,4 + 6,4 = 71,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

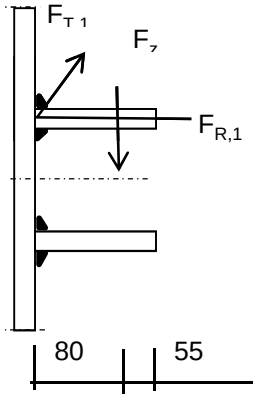
τ_z = 1,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 72 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,48	kN
$F_{T,1,h}$ =	48,37	kN
F_z =	17,32	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	63,92	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,5 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 30,23 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 39,95 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 80,98 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 202,5 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

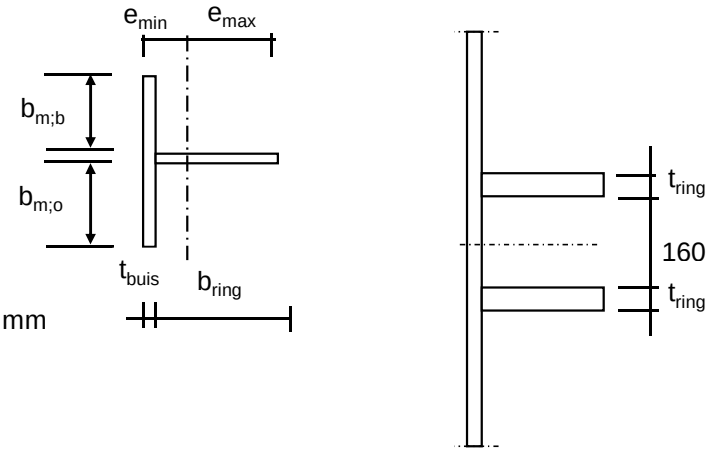
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 202,5 / 302,2 = 0,67 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 81,0 / 244,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11790	mm^2
e_{min} =	30,8	mm
e_{max} =	129,2	mm
I =	17896923	mm^4
W_{min} =	138543	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm
$M_{w;Rd}$ =	19885	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 37,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 749,9 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	hoek tussen lijnen 2. α =	163,5	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) =	21,2	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,2	41,5	59,2	41,5		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,8	47,7	64,8	47,7		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	28,5	63,2	44,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,8	45,9	66,0	48,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,9	32,5	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,6	36,4	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,1	28,4	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,4	34,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

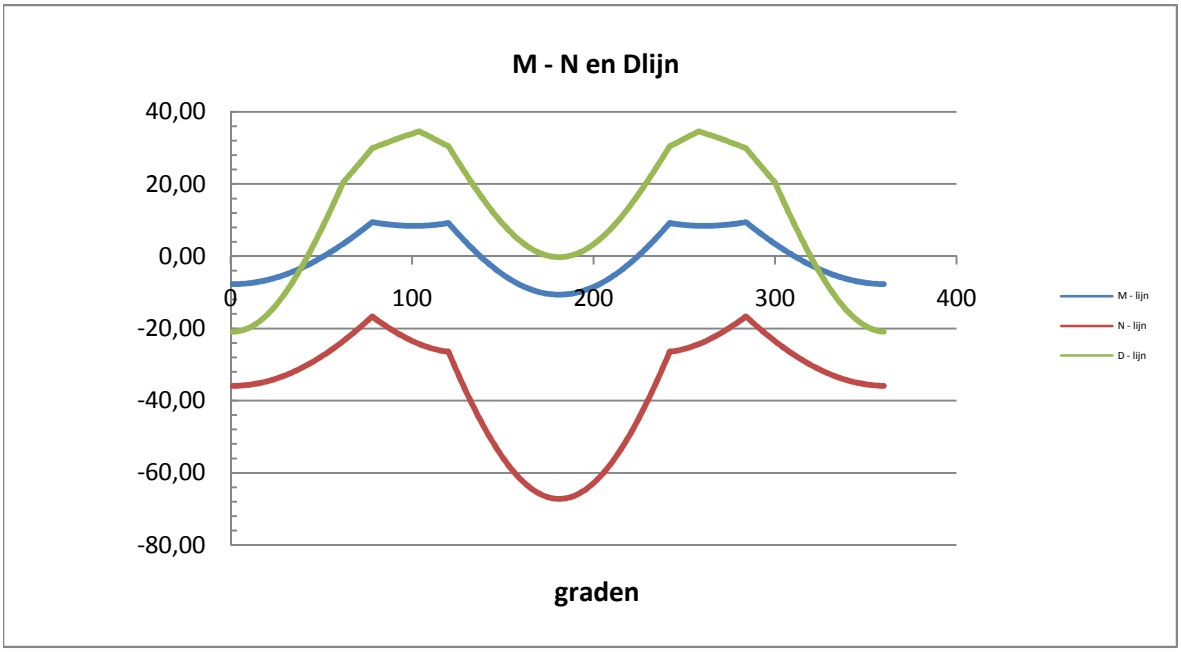
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-7,74	-35,90	-20,91	0,72	7,28
15,0	-7,03	-35,12	-17,98	2,11	21,53
30,0	-4,91	-32,81	-9,52	3,42	34,84
45,0	-1,49	-29,04	3,44	4,58	46,61
60,0	3,08	-23,92	19,30	5,53	56,31
75,0	8,61	-17,61	28,70	0,02	0,24
90,0	8,59	-21,06	32,36	0,16	1,59
105,0	8,43	-24,74	34,05	0,17	1,70
120,0	8,60	-27,63	29,64	7,88	80,21
135,0	0,72	-43,86	18,06	6,14	62,48
150,0	-5,41	-56,47	8,39	3,89	39,65
165,0	-9,30	-64,46	2,00	1,33	13,58
180,0	-10,64	-67,19	-0,23	1,33	13,58
195,0	-9,30	-64,46	2,00	3,89	39,65
210,0	-5,41	-56,47	8,39	6,14	62,48
225,0	0,72	-43,86	18,06	7,88	80,21
240,0	8,60	-27,63	29,64	0,17	1,70
255,0	8,43	-24,74	34,05	0,16	1,59
270,0	8,59	-21,06	32,36	0,02	0,24
285,0	8,61	-17,61	28,70	5,53	56,31
300,0	3,08	-23,92	19,30	4,58	46,61
315,0	-1,49	-29,04	3,44	3,42	34,84
330,0	-4,91	-32,81	-9,52	2,11	21,53
345,0	-7,03	-35,12	-17,98	0,71	7,25
360,0	-7,74	-35,90	-20,90	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	67,2	kN	N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,64	kNm	M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	33,1	kNm	M_{Rd} =	19885	kNm
$V_{Ed;max}$ =	34,5	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 67,19 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,64 / 32,8 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 76,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 34,54 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 67,19

V_{Ed} = 0,23

$\sigma_b + \sigma_N$ = 76,8 + 5,7 = 82,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

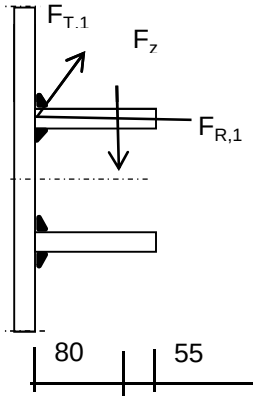
τ_z = 0,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 82 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,77	kN
$F_{T,1,h}$ =	43,86	kN
F_z =	17,32	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	80,21	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,6 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 27,41 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 50,13 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,11 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 210,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

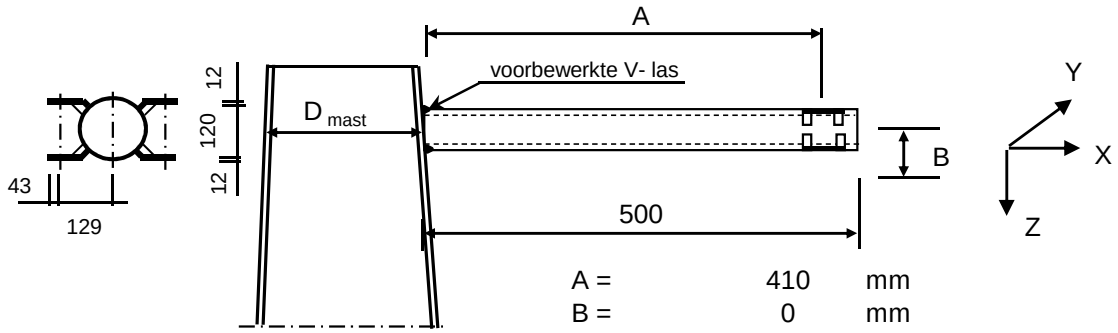
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	210,6	/	302,2	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	81,1	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	66,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20901	31642	2409	20901	-31642	2409
BG 3 - (wind (90) + ijs)	33736	57101	10572	33736	-57101	10572
BG 1a - (wind (45 gr))	9405	17573	2696	22696	-33977	2390
BG 3 - (wind (45) + ijs)	27712	54254	10775	34821	-57976	10530
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13947	22632	2537	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21490	34661	4313	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8987	17354	2709	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	14472	27966	4576	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14843	23770	2514	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	22751	36152	4276	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	41,80	0,00	4,82	0,00	1,98	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	67,47	0,00	21,14	0,00	8,67	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	32,10	16,40	5,09	0,00	2,08	6,73
BG 3 - (wind (45) + ijs)	62,53	3,72	21,30	0,00	8,73	1,53
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,95	22,63	2,54	0,00	1,04	9,28
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21,49	34,66	4,31	0,00	1,77	14,21
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,99	17,35	2,71	0,00	1,11	7,12
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	14,47	27,97	4,58	0,00	1,88	11,47
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,84	23,77	2,51	0,00	1,03	9,75
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**22,75**	**36,15**	**4,28**	**0,00**	**1,75**	**14,82**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 1,75 / 36 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 11,4 N/mm²

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 14,82 / 36 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 96,1 N/mm²

N_{Ed} / N_{Rd} = 22,75 / 953 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,6 N/mm²

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 4,28 / 275 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,1 N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 36,15 / 275 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 17,9 N/mm²

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 102 N/mm²

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 107 N/mm² < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm² en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm² $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm²

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429758
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,89 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,013

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 8,73 / 69,7 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

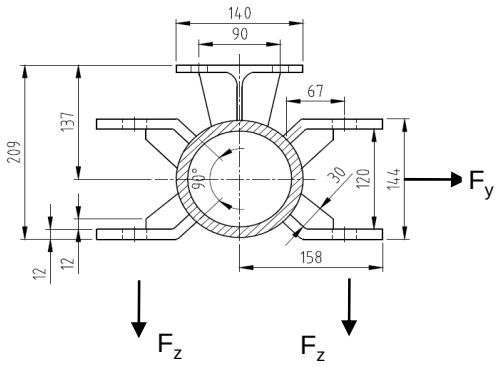
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

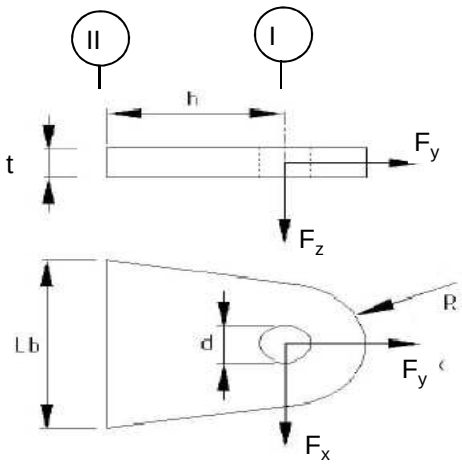
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,82 / 47,1 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,90	31,64	2,41
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**33,74**	**57,10**	**10,57**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,41	17,57	2,70
BG 3 - (wind (45) + ijs)	27,71	54,25	10,78

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,87**	**28,55**	**10,57**

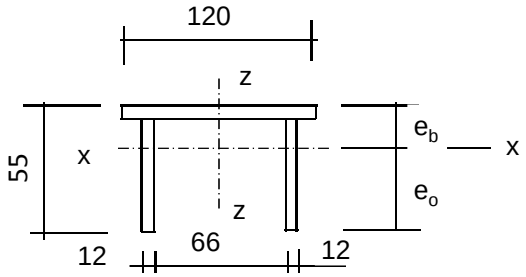
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 42 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	28,55	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,10	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,57	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,69	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,87	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	28,55	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,5	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,10	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		24,6	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,69	/	4,0	=	0,17	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		40,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,57	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		10,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,87	/	197	/	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 77,0 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 82 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

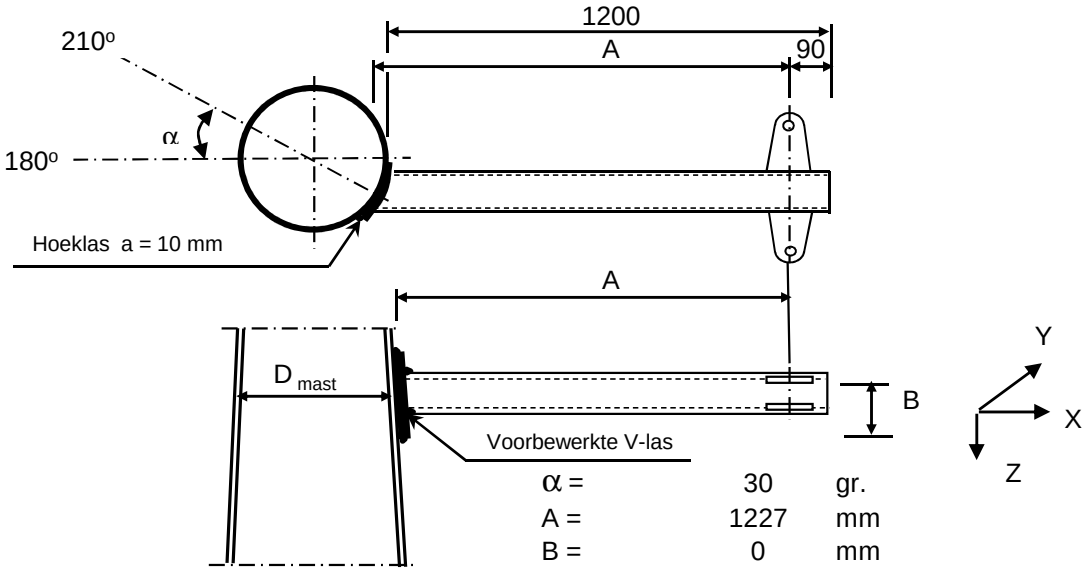
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		65,4	N/mm^2
τ_1 =		65,4	N/mm^2
τ_2 =	0	14,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	133,0	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	133,0	/	302,2	= 0,44	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	65,4	/	244,8	= 0,27	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	29,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	32837	51872	5164	32837	-51872	5164
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62688	111385	21562	62688	-111385	21562
BG 1a - (wind (45 gr))	18847	36043	5611	35245	-54983	5116
BG 3 - (wind (45) + ijs)	55463	109437	21767	63954	-112160	21514
BG 1a - bundelbr. (90gr).	24027	40920	5416	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37213	63173	9047	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	18356	35903	5623	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	29095	56915	9359	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	25102	42181	5377	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	38728	64802	8989	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	65,67	0,00	10,33	0,00	12,68	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	125,38	0,00	43,12	0,00	52,92	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	54,09	18,94	10,73	0,00	13,16	23,24
BG 3 - (wind (45) + ijs)	119,42	2,72	43,28	0,00	53,11	3,34
BG 1a - bundelbr. (90gr).	24,03	40,92	5,42	0,00	6,65	50,22
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37,21	63,17	9,05	0,00	11,10	77,53
BG 1a - bundelbr. (45gr).	18,36	35,90	5,62	0,00	6,90	44,06
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	29,10	56,92	9,36	0,00	11,49	69,85
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	25,10	42,18	5,38	0,00	6,60	51,76
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**38,73**	**64,80**	**8,99**	**0,00**	**11,03**	**79,53**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 11,03 / 101 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,7 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 79,53 / 101 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 185,5 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 38,73 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 8,99 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 64,80 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,5 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 193 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 196 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

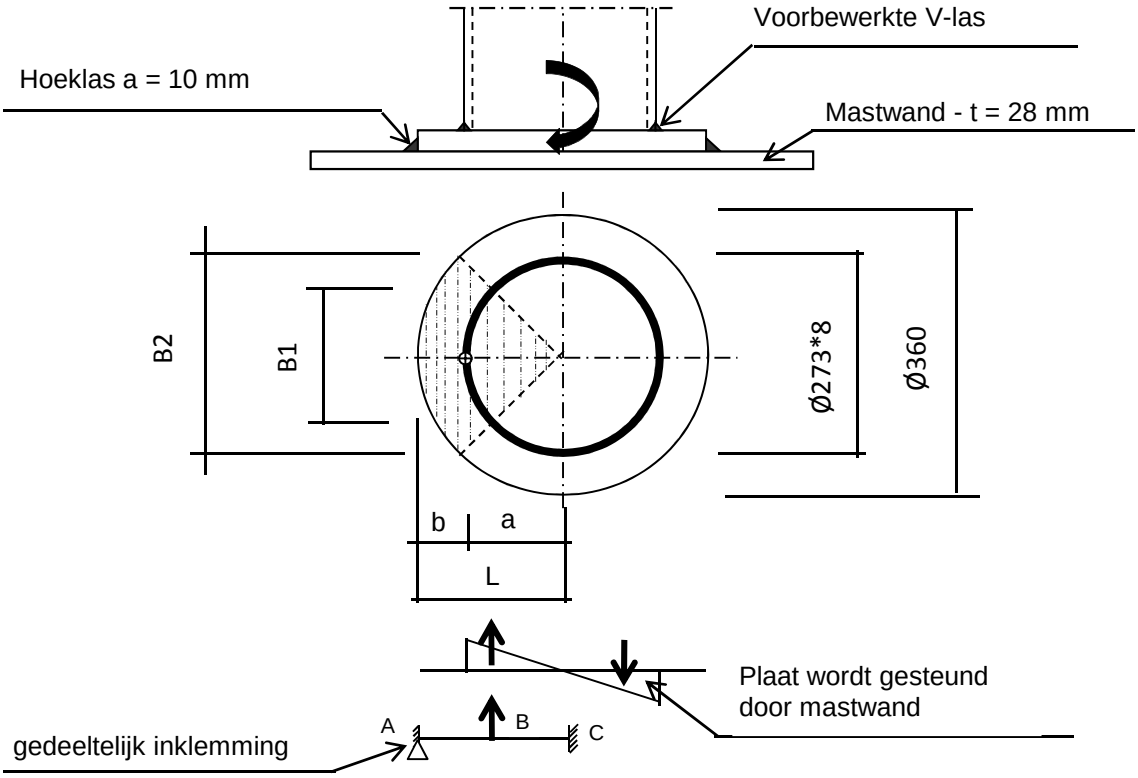
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 80,3 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 266,2 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,46 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 171,6 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,66 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,22 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 227,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 6,7 * 40,0% = 2,66 kNm

$M_{B;Ed} =$ 7,5 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,76 kNm

$R_{A;Ed} =$ 171,6 * 60,0% + 227,0 * 40,0% = 193,8 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,66 / 10,46 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 60,3 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 5,76 / 7,93 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 172,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 193,8 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 183,1 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 106,6 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	106,6	+	48,5	=		155,0	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	106,6	-	48,5	=		58,1	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		184,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	184,8	/	302,2	=	0,61	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	155,0	/	244,8	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1749,8	28,0	151459	S355	355	64169592
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 31,2

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 434,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16251,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,72 of n_p = -0,705

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,63

$M_{ip,1,Rd}$ = 233,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 53,11 / 233,7 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 135,8 kNm

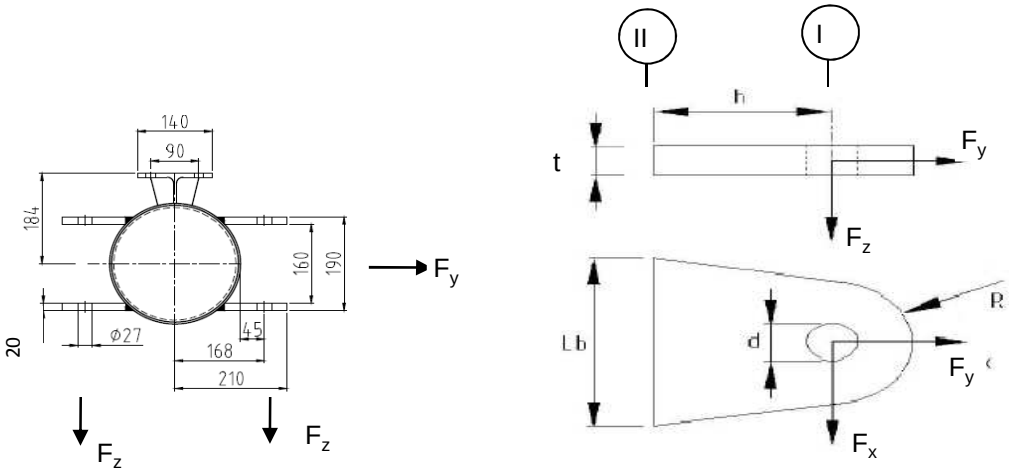
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 79,53 / 135,8 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	32,84	51,87	5,16
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**62,69**	**111,38**	**21,56**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,85	36,04	5,61
BG 3 - (wind (45) + ijs)	55,46	109,44	21,77

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**31,34**	**55,69**	**21,56**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 56,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	55,69	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,35	kNm
$V_{z,Ed}$ =	21,56	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,62	kNm
$V_{x,Ed}$ =	31,34	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,69	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,9	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,35	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		36,0	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,62	/	2,2	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		173,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,56	/	383	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	31,34	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,2	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 229,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 230 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

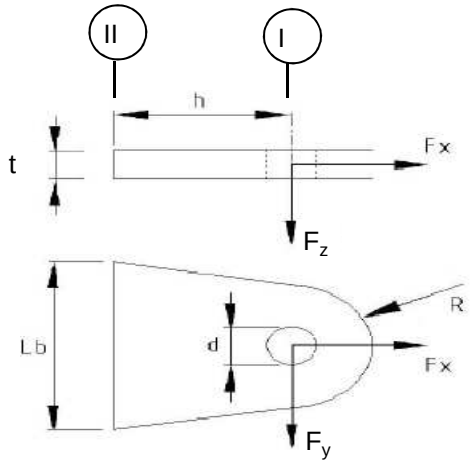
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	70,71	/	521	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		32,1	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,89	/	10	=	0,41	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		96,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	70,71	/	301	=	0,24	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		32,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,50	/	10	=	0,58	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		136,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	100,00	/	301	=	0,33	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		45,5	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2716,3	32,0	269859	S355	355	178989953
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1133,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 45194,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,72 of $n_p =$ -0,699

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,63

$N_{1,Rd} =$ 766,5 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 766,5 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 84,3 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 84,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

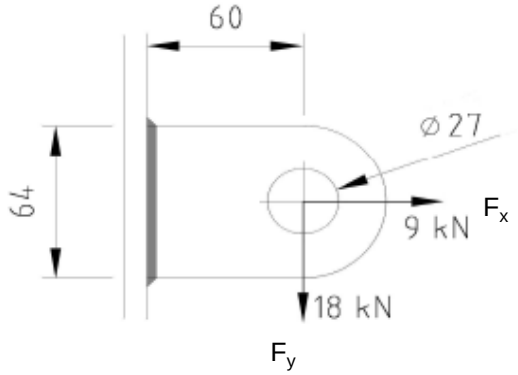
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
66,43 - 64,93 - 56,8 - 54,3 - 46,8 - 44,3 - 36,8 en 34,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} = 9,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 18,00 kN
$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h = 1,080 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1589,8	28,0	137386	S355	355	52715966
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 355,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11923,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,630

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,68

$N_{1,Rd} =$ 639,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 639,2 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 40,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 40,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 64,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	569,0	18,0	31158	S355	355	4160559
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 36,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 589,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,40 of $n_p =$ -0,396

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,83

$N_{1,Rd} =$ 327,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 327,4 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 21,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 21,0 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

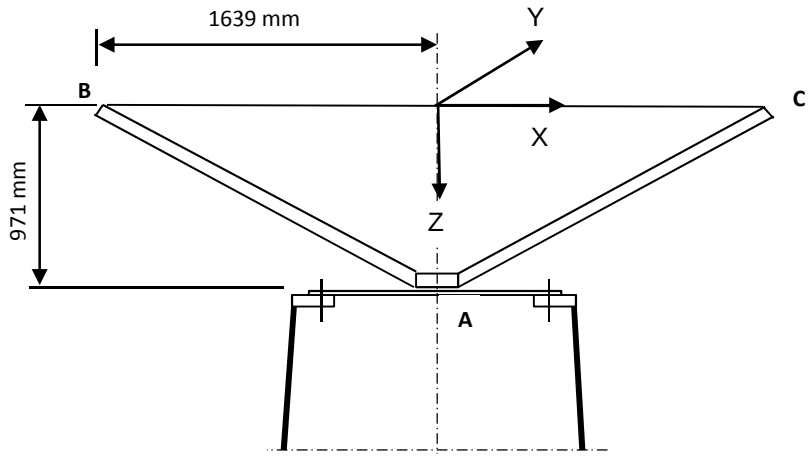
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



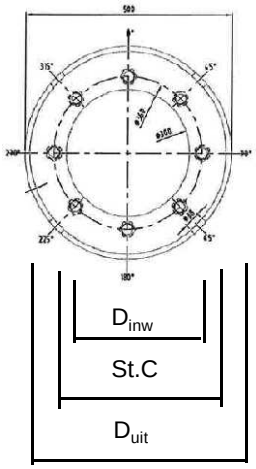
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm²
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

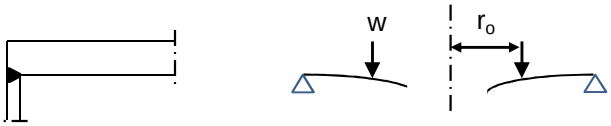
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

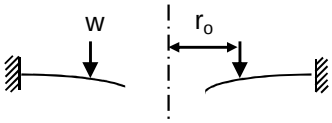
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

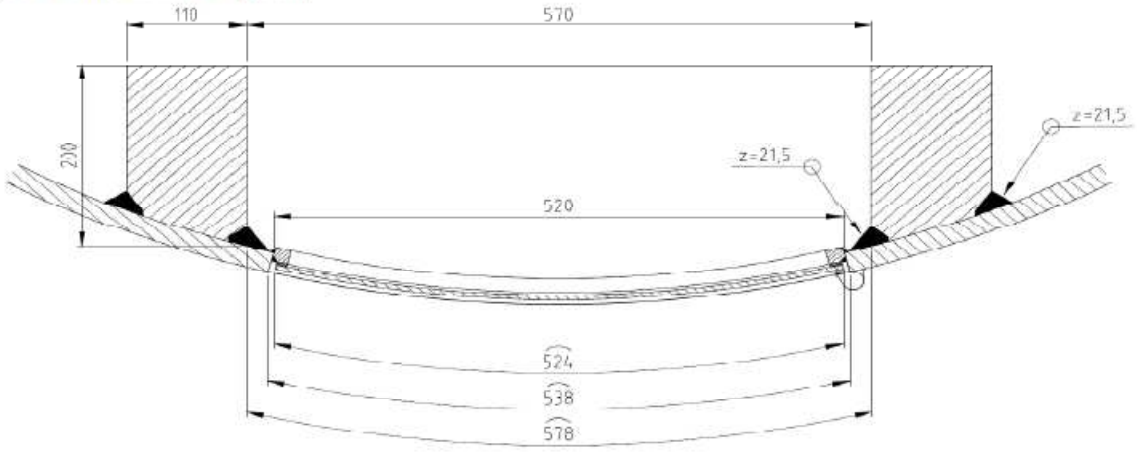
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

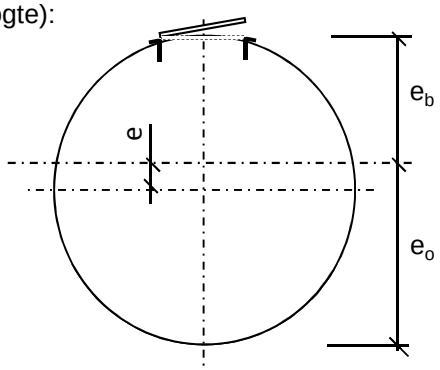
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 2692 mm
dikte t ; 32 mm

A_{buis} = 267430 mm^2
$A_{versterking}$ = 40756 mm^2
$A_{verlies}$ = 16546 mm^2

A_{tot} = 291639 mm^2

e = 89,3 mm
e_b = 1256,8 mm ; e_o = 1435,4 mm

I_{tot} = 2,62E+11 mm^4
W_{min} = 1,82E+08 mm^3
W_{max} = 2,08E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 45636 kNm ; N_{Ed} = 1133 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,9 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 250,2 N/mm^2

σ_{max} = 3,9 + 250,2 = 254,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage O, O1 en O2

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20485	75297	136712	20485	75297	-136712
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20524	74336	135898	20524	74336	-135898
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20569	73158	134961	20569	73158	-134961
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2652	10545	18596	2652	10545	-18596
	Comp. gl	5567	20126	36891	5567	20126	-36891
1b	380C1F1 / 380C2F1	21289	77125	151829	21289	77125	-151829
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21291	77013	151827	21291	77013	-151827
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21294	76872	151829	21294	76872	-151829
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	10056	19659	2774	10056	-19659
	Comp. gl	5745	20446	40313	5745	20446	-40313
3	380C1F1 / 380C2F1	35333	110372	213376	35333	110372	-213376
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35341	110036	213325	35341	110036	-213325
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35350	109617	213281	35350	109617	-213281
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10764	28348	54231	10764	28348	-54231
	Comp. gl	21757	56274	109301	21757	56274	-109301
4	380C1F1 / 380C2F1	24364	77946	153473	24364	77946	-153473
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24366	77839	153481	24366	77839	-153481
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24367	77704	153495	24367	77704	-153495
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3606	11399	22352	3606	11399	-22352
	Comp. gl	7411	23215	45867	7411	23215	-45867
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
	GW / opgw	3042	9537	19127	3042	9537	-19127
	Comp. gl	6308	19750	39612	6308	19750	-39612
1a	380C1F1 / 380C2F1	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20699	69473	132667	18821	131106	-203310
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20712	69022	132483	18997	122244	-191985
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2696	9405	17573	2390	22696	-33977
	Comp. gl	5611	18847	36043	5116	35245	-54983
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	76445	151878	21022	84058	-155673
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21300	76394	151889	21061	83211	-154980
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21301	76330	151904	21108	82173	-154186
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9926	19650	2715	11488	-20736
	Comp. gl	5748	20283	40329	5689	22077	-41141
3	380C1F1 / 380C2F1	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35375	108212	213310	34592	129323	-226069
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35378	108025	213338	34732	126069	-223144
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10775	27712	54254	10530	34821	-57976
	Comp. gl	21767	55463	109437	21514	63954	-112160
4	380C1F1 / 380C2F1	24372	77290	153572	24172	84274	-156100
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24372	77240	153586	24201	83517	-155587
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24373	77177	153603	24235	82586	-155007
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3607	11279	22363	3567	12605	-22974
	Comp. gl	7413	23061	45901	7375	24639	-46277
1a	380C1F1 / 380C2F1	18874	128282	199695	18874	128282	-199695

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18999	122131	191841	18999	122131	-191841
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19177	114331	181940	19177	114331	-181940
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2409	20901	31642	2409	20901	-31642
	Comp. gl	5164	32837	51872	5164	32837	-51872
1b	380C1F1 / 380C2F1	21076	82876	154716	21076	82876	-154716
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21108	82160	154176	21108	82160	-154176
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21146	81282	153562	21146	81282	-153562
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2727	11239	20488	2727	11239	-20488
	Comp. gl	5701	21800	40929	5701	21800	-40929
3	380C1F1 / 380C2F1	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34734	126028	223108	34734	126028	-223108
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34853	123270	220782	34853	123270	-220782
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	10572	33736	57101	10572	33736	-57101
	Comp. gl	21562	62688	111385	21562	62688	-111385
4	380C1F1 / 380C2F1	24212	83216	155393	24212	83216	-155393
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24235	82574	155000	24235	82574	-155000
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24263	81783	154560	24263	81783	-154560
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3575	12401	22817	3575	12401	-22817
	Comp. gl	7382	24405	46153	7382	24405	-46153
1a	380C1F1 / 380C2F1	18700	138063	212228	20687	69837	-132835
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18821	131106	203310	20699	69473	-132667
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18997	122244	191985	20712	69022	-132483
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2390	22696	33977	2696	9405	-17573
	Comp. gl	5116	35245	54983	5611	18847	-36043
1b	380C1F1 / 380C2F1	21022	84058	155673	21300	76445	-151878
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21061	83211	154980	21300	76394	-151889
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21108	82173	154186	21301	76330	-151904
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2715	11488	20736	2776	9926	-19650
	Comp. gl	5689	22077	41141	5748	20283	-40329
3	380C1F1 / 380C2F1	34479	131967	228563	35373	108360	-213292
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34592	129323	226069	35375	108212	-213310
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34732	126069	223144	35378	108025	-213338
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10530	34821	57976	10775	27712	-54254
0	Comp. gl	21514	63954	112160	21767	55463	-109437
4	380C1F1 / 380C2F1	24172	84274	156100	24372	77290	-153572
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24201	83517	155587	24372	77240	-153586
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24235	82586	155007	24373	77177	-153603
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3567	12605	22974	3607	11279	-22363
	Comp. gl	7375	24639	46277	7413	23061	-45901
1a	380C1F1 / 380C2F1	15361	62907	111866	15361	62907	-111866
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15407	61758	110673	15407	61758	-110673
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15464	60351	109278	15464	60351	-109278
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1977	9006	15511	1977	9006	-15511
	Comp. gl	4178	16626	29872	4178	16626	-29872
1b	380C1F1 / 380C2F1	16201	62670	122837	16201	62670	-122837
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16204	62547	122813	16204	62547	-122813
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16208	62394	122791	16208	62394	-122791

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2105	8111	15757	2105	8111	-15757
	Comp. gl	4363	16440	32278	4363	16440	-32278
3	380C1F1 / 380C2F1	30385	98682	189931	30385	98682	-189931
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30395	98327	189842	30395	98327	-189842
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30406	97885	189752	30406	97885	-189752
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10136	27156	51842	10136	27156	-51842
	Comp. gl	20455	53797	104333	20455	53797	-104333
4	380C1F1 / 380C2F1	19348	64745	126997	19348	64745	-126997
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19350	64631	126991	19350	64631	-126991
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19352	64489	126990	19352	64489	-126990
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2951	9689	18923	2951	9689	-18923
	Comp. gl	6055	19681	38780	6055	19681	-38780
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
	GW / opgw	2052	6800	13639	2052	6800	-13639
	Comp. gl	4257	14113	28307	4257	14113	-28307
1a	380C1F1 / 380C2F1	15616	56429	105944	13788	133000	-202078
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15631	56006	105658	13871	125613	-192298
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15649	55486	105337	13996	116116	-179699
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2028	7647	14047	1766	22204	-32992
	Comp. gl	4235	15115	28559	3769	33669	-51824
1b	380C1F1 / 380C2F1	16217	61937	122780	15845	70830	-129145
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	61883	122785	15895	69808	-128100
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	61815	122793	15955	68559	-126882
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7968	15723	2032	9820	-17391
	Comp. gl	4366	16265	32271	4287	18347	-33660
3	380C1F1 / 380C2F1	30434	96572	189651	29423	122267	-209115
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30437	96419	189659	29544	119367	-206107
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30440	96226	189675	29696	115794	-202539
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10148	26511	51845	9889	33831	-55994
	Comp. gl	20466	52976	104450	20196	61694	-107628
4	380C1F1 / 380C2F1	19358	64057	127031	19104	71854	-131190
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19358	64005	127040	19139	70982	-130447
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19359	63940	127054	19182	69913	-129592
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2953	9563	18922	2904	11031	-19818
	Comp. gl	6057	19522	38803	6009	21236	-39454
1a	380C1F1 / 380C2F1	13908	122598	188300	13908	122598	-188300
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13998	115993	179536	13998	115993	-179536
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14129	107533	168310	14129	107533	-168310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1779	20342	30520	1779	20342	-30520
	Comp. gl	3804	31080	48351	3804	31080	-48351
1b	380C1F1 / 380C2F1	15914	69404	127698	15914	69404	-127698
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15956	68543	126867	15956	68543	-126867
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16006	67491	125904	16006	67491	-125904
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2045	9519	17040	2045	9519	-17040
	Comp. gl	4302	18014	33336	4302	18014	-33336

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	29593	118214	204937	29593	118214	-204937
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29698	115749	202495	29698	115749	-202495
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29830	112717	199620	29830	112717	-199620
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9933	32711	55045	9933	32711	-55045
	Comp. gl	20248	60385	106766	20248	60385	-106766
4	380C1F1 / 380C2F1	19153	70636	130163	19153	70636	-130163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19182	69900	129582	19182	69900	-129582
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19217	68997	128918	19217	68997	-128918
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2913	10799	19606	2913	10799	-19606
	Comp. gl	6019	20976	39274	6019	20976	-39274
1a	380C1F1 / 380C2F1	13788	133000	202078	15616	56429	-105944
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13871	125613	192298	15631	56006	-105658
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13996	116116	179699	15649	55486	-105337
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1766	22204	32992	2028	7647	-14047
	Comp. gl	3769	33669	51824	4235	15115	-28559
1b	380C1F1 / 380C2F1	15845	70830	129145	16217	61937	-122780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15895	69808	128100	16218	61883	-122785
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15955	68559	126882	16219	61815	-122793
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2032	9820	17391	2109	7968	-15723
	Comp. gl	4287	18347	33660	4366	16265	-32271
3	380C1F1 / 380C2F1	29423	122267	209115	30434	96572	-189651
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29544	119367	206107	30437	96419	-189659
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29696	115794	202539	30440	96226	-189675
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9889	33831	55994	10148	26511	-51845
0	Comp. gl	20196	61694	107628	20466	52976	-104450
4	380C1F1 / 380C2F1	19104	71854	131190	19358	64057	-127031
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19139	70982	130447	19358	64005	-127040
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19182	69913	129592	19359	63940	-127054
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2904	11031	19818	2953	9563	-18922
	Comp. gl	6009	21236	39454	6057	19522	-38803

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20683	69972	132902	20683	69972	-132902
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20695	69594	132721	20695	69594	-132721
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20709	69125	132523	20709	69125	-132523
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2695	9433	17592	2695	9433	-17592
	Comp. gl	5610	18878	36057	5610	18878	-36057
1b	380C1F1 / 380C2F1	21294	76841	151831	21294	76841	-151831
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21296	76755	151836	21296	76755	-151836
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21297	76647	151847	21297	76647	-151847
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	10001	19651	2775	10001	-19651
	Comp. gl	5747	20378	40315	5747	20378	-40315
3	380C1F1 / 380C2F1	24206	82332	158739	24206	82332	-158739
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24214	82041	158652	24214	82041	-158652
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24224	81678	158562	24224	81678	-158562
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4555	15123	28235	4555	15123	-28235
	Comp. gl	9340	29873	57067	9340	29873	-57067
4	380C1F1 / 380C2F1	23663	75860	149863	23663	75860	-149863
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23664	75777	149874	23664	75777	-149874
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23665	75672	149891	23665	75672	-149891
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10895	21444	3430	10895	-21444
	Comp. gl	7060	22249	44069	7060	22249	-44069
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
	GW / opgw	3042	9537	19127	3042	9537	-19127
	Comp. gl	6308	19750	39612	6308	19750	-39612
1a	380C1F1 / 380C2F1	20743	67763	132149	19687	96377	-159684
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20746	67608	132130	19796	93154	-155834
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20750	67414	132115	19939	89154	-151163
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2709	8987	17354	2514	14843	-23770
	Comp. gl	5623	18356	35903	5377	25102	-42181
1b	380C1F1 / 380C2F1	21301	76315	151907	21118	81945	-154021
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21302	76275	151917	21144	81333	-153596
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	76225	151932	21176	80580	-153115
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9902	19653	2736	11043	-20305
	Comp. gl	5748	20251	40337	5709	21582	-40776
3	380C1F1 / 380C2F1	24247	80606	158438	23391	102069	-175833
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24249	80482	158440	23493	99626	-173181
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24252	80325	158448	23622	96619	-170029
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4576	14472	27966	4276	22751	-36152
	Comp. gl	9359	29095	56915	8989	38728	-64802
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	75348	149967	23533	80626	-151368
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	75309	149978	23553	80064	-151046
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23669	75259	149994	23576	79372	-150688
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10801	21458	3403	11807	-21835
	Comp. gl	7061	22128	44100	7035	23337	-44295
1a	380C1F1 / 380C2F1	19841	91866	154315	19841	91866	-154315
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19941	89104	151105	19941	89104	-151105

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20069	85690	147242	20069	85690	-147242
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2537	13947	22632	2537	13947	-22632
	Comp. gl	5416	24027	40920	5416	24027	-40920
1b	380C1F1 / 380C2F1	21154	81089	153435	21154	81089	-153435
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21176	80570	153109	21176	80570	-153109
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21201	79931	152744	21201	79931	-152744
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2743	10864	20147	2743	10864	-20147
	Comp. gl	5717	21381	40649	5717	21381	-40649
3	380C1F1 / 380C2F1	23535	98655	172148	23535	98655	-172148
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23624	96581	169990	23624	96581	-169990
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23735	94034	167444	23735	94034	-167444
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4313	21490	34661	4313	21490	-34661
	Comp. gl	9047	37213	63173	9047	37213	-63173
4	380C1F1 / 380C2F1	23560	79841	150926	23560	79841	-150926
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23576	79363	150684	23576	79363	-150684
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23595	78773	150417	23595	78773	-150417
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3409	11654	21731	3409	11654	-21731
	Comp. gl	7040	23161	44217	7040	23161	-44217
1a	380C1F1 / 380C2F1	19687	96377	159684	20743	67763	-132149
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19796	93154	155834	20746	67608	-132130
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19939	89154	151163	20750	67414	-132115
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2514	14843	23770	2709	8987	-17354
	Comp. gl	5377	25102	42181	5623	18356	-35903
1b	380C1F1 / 380C2F1	21118	81945	154021	21301	76315	-151907
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21144	81333	153596	21302	76275	-151917
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21176	80580	153115	21302	76225	-151932
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	11043	20305	2777	9902	-19653
	Comp. gl	5709	21582	40776	5748	20251	-40337
3	380C1F1 / 380C2F1	23391	102069	175833	24247	80606	-158438
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23493	99626	173181	24249	80482	-158440
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23622	96619	170029	24252	80325	-158448
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4276	22751	36152	4576	14472	-27966
0	Comp. gl	8989	38728	64802	9359	29095	-56915
4	380C1F1 / 380C2F1	23533	80626	151368	23668	75348	-149967
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23553	80064	151046	23668	75309	-149978
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23576	79372	150688	23669	75259	-149994
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11807	21835	3431	10801	-21458
	Comp. gl	7035	23337	44295	7061	22128	-44100
1a	380C1F1 / 380C2F1	15611	56586	106055	15611	56586	-106055
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15626	56146	105751	15626	56146	-105751
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15645	55605	105407	15645	55605	-105407
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2027	7680	14077	2027	7680	-14077
	Comp. gl	4233	15152	28583	4233	15152	-28583
1b	380C1F1 / 380C2F1	16209	62360	122787	16209	62360	-122787
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16211	62267	122779	16211	62267	-122779
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16213	62151	122774	16213	62151	-122774
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	8050	15737	2107	8050	-15737

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	16366	32269	4364	16366	-32269
3	380C1F1 / 380C2F1	19161	69055	132111	19161	69055	-132111
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19172	68730	131956	19172	68730	-131956
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19185	68329	131788	19185	68329	-131788
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3902	13581	25143	3902	13581	-25143
	Comp. gl	7991	26617	50536	7991	26617	-50536
4	380C1F1 / 380C2F1	18641	62516	123099	18641	62516	-123099
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18642	62428	123101	18642	62428	-123101
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	62318	123107	18644	62318	-123107
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9156	17956	2774	9156	-17956
	Comp. gl	5701	18659	36867	5701	18659	-36867
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
	GW / opgw	2052	6800	13639	2052	6800	-13639
	Comp. gl	4257	14113	28307	4257	14113	-28307
1a	380C1F1 / 380C2F1	15691	54064	104673	14545	87568	-142020
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15696	53892	104621	14643	83891	-137260
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15701	53678	104567	14776	79281	-131365
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2045	7160	13690	1852	13897	-21874
	Comp. gl	4251	14560	28290	3978	22485	-36934
1b	380C1F1 / 380C2F1	16219	61800	122795	15968	68285	-126625
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16219	61759	122802	16003	67551	-125957
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16220	61706	122812	16045	66654	-125187
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7942	15722	2055	9283	-16774
	Comp. gl	4366	16232	32276	4314	17754	-33098
3	380C1F1 / 380C2F1	19216	67161	131471	18225	91866	-155375
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19219	67028	131455	18330	89061	-151995
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19222	66861	131443	18467	85588	-147907
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3926	12879	24770	3618	21852	-34350
	Comp. gl	8014	25790	50286	7610	36322	-59980
4	380C1F1 / 380C2F1	18648	61981	123158	18472	67836	-125718
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18648	61941	123167	18497	67191	-125229
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	61890	123180	18527	66400	-124673
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9058	17961	2741	10170	-18553
	Comp. gl	5702	18533	36890	5669	19843	-37288
1a	380C1F1 / 380C2F1	14684	82412	135359	14684	82412	-135359
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14778	79223	131291	14778	79223	-131291
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14904	75244	126295	14904	75244	-126295
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1870	12910	20551	1870	12910	-20551
	Comp. gl	4014	21244	35338	4014	21244	-35338
1b	380C1F1 / 380C2F1	16017	67261	125701	16017	67261	-125701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16045	66643	125177	16045	66643	-125177
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16080	65886	124577	16080	65886	-124577
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2065	9066	16541	2065	9066	-16541
	Comp. gl	4324	17515	32894	4324	17515	-32894
3	380C1F1 / 380C2F1	18374	87941	150664	18374	87941	-150664

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18469	85544	147857	18469	85544	-147857
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18592	82587	144489	18592	82587	-144489
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3652	20511	32699	3652	20511	-32699
	Comp. gl	7669	34672	58078	7669	34672	-58078
4	380C1F1 / 380C2F1	18507	66936	125044	18507	66936	-125044
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18528	66390	124666	18528	66390	-124666
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18552	65720	124240	18552	65720	-124240
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2747	9996	18406	2747	9996	-18406
	Comp. gl	5676	19647	37169	5676	19647	-37169
1a	380C1F1 / 380C2F1	14545	87568	142020	15691	54064	-104673
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14643	83891	137260	15696	53892	-104621
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14776	79281	131365	15701	53678	-104567
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	13897	21874	2045	7160	-13690
	Comp. gl	3978	22485	36934	4251	14560	-28290
1b	380C1F1 / 380C2F1	15968	68285	126625	16219	61800	-122795
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16003	67551	125957	16219	61759	-122802
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16045	66654	125187	16220	61706	-122812
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	9283	16774	2109	7942	-15722
	Comp. gl	4314	17754	33098	4366	16232	-32276
3	380C1F1 / 380C2F1	18225	91866	155375	19216	67161	-131471
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18330	89061	151995	19219	67028	-131455
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18467	85588	147907	19222	66861	-131443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3618	21852	34350	3926	12879	-24770
0	Comp. gl	7610	36322	59980	8014	25790	-50286
4	380C1F1 / 380C2F1	18472	67836	125718	18648	61981	-123158
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18497	67191	125229	18648	61941	-123167
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18527	66400	124673	18648	61890	-123180
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2741	10170	18553	2776	9058	-17961
	Comp. gl	5669	19843	37288	5702	18533	-36890

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20683	69972	132902	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20695	69594	132721	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20709	69125	132523	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2695	9433	17592	0	0	0
	Comp. gl	5610	18878	36057	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21294	76841	151831	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21296	76755	151836	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21297	76647	151847	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	10001	19651	0	0	0
	Comp. gl	5747	20378	40315	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24206	82332	158739	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24214	82041	158652	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24224	81678	158562	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4555	15123	28235	0	0	0
	Comp. gl	9340	29873	57067	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23663	75860	149863	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23664	75777	149874	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23665	75672	149891	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10895	21444	0	0	0
	Comp. gl	7060	22249	44069	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	0	0	0
	GW / opgw	3042	9537	19127	0	0	0
	Comp. gl	6308	19750	39612	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	20743	67763	132149	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20746	67608	132130	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20750	67414	132115	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2709	8987	17354	0	0	0
	Comp. gl	5623	18356	35903	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21301	76315	151907	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21302	76275	151917	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	76225	151932	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9902	19653	0	0	0
	Comp. gl	5748	20251	40337	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24247	80606	158438	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24249	80482	158440	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24252	80325	158448	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4576	14472	27966	0	0	0
	Comp. gl	9359	29095	56915	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	75348	149967	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	75309	149978	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23669	75259	149994	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10801	21458	0	0	0
	Comp. gl	7061	22128	44100	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19841	91866	154315	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19941	89104	151105	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20069	85690	147242	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2537	13947	22632	0	0	0
	Comp. gl	5416	24027	40920	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21154	81089	153435	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21176	80570	153109	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21201	79931	152744	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2743	10864	20147	0	0	0
	Comp. gl	5717	21381	40649	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23535	98655	172148	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23624	96581	169990	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23735	94034	167444	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4313	21490	34661	0	0	0
	Comp. gl	9047	37213	63173	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23560	79841	150926	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23576	79363	150684	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23595	78773	150417	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3409	11654	21731	0	0	0
	Comp. gl	7040	23161	44217	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19687	96377	159684	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19796	93154	155834	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19939	89154	151163	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2514	14843	23770	0	0	0
	Comp. gl	5377	25102	42181	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21118	81945	154021	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21144	81333	153596	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21176	80580	153115	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	11043	20305	0	0	0
	Comp. gl	5709	21582	40776	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23391	102069	175833	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23493	99626	173181	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23622	96619	170029	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4276	22751	36152	0	0	0
0	Comp. gl	8989	38728	64802	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23533	80626	151368	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23553	80064	151046	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23576	79372	150688	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11807	21835	0	0	0
	Comp. gl	7035	23337	44295	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15611	56586	106055	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15626	56146	105751	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15645	55605	105407	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2027	7680	14077	0	0	0
	Comp. gl	4233	15152	28583	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16209	62360	122787	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16211	62267	122779	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16213	62151	122774	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	8050	15737	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	16366	32269	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19161	69055	132111	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19172	68730	131956	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19185	68329	131788	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3902	13581	25143	0	0	0
	Comp. gl	7991	26617	50536	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18641	62516	123099	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18642	62428	123101	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	62318	123107	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9156	17956	0	0	0
	Comp. gl	5701	18659	36867	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	0	0	0
	GW / opgw	2052	6800	13639	0	0	0
	Comp. gl	4257	14113	28307	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15691	54064	104673	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15696	53892	104621	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15701	53678	104567	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2045	7160	13690	0	0	0
	Comp. gl	4251	14560	28290	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16219	61800	122795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16219	61759	122802	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16220	61706	122812	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7942	15722	0	0	0
	Comp. gl	4366	16232	32276	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19216	67161	131471	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19219	67028	131455	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19222	66861	131443	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3926	12879	24770	0	0	0
	Comp. gl	8014	25790	50286	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18648	61981	123158	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18648	61941	123167	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	61890	123180	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9058	17961	0	0	0
	Comp. gl	5702	18533	36890	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14684	82412	135359	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14778	79223	131291	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14904	75244	126295	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1870	12910	20551	0	0	0
	Comp. gl	4014	21244	35338	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16017	67261	125701	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16045	66643	125177	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16080	65886	124577	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2065	9066	16541	0	0	0
	Comp. gl	4324	17515	32894	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18374	87941	150664	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18469	85544	147857	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18592	82587	144489	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3652	20511	32699	0	0	0
	Comp. gl	7669	34672	58078	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18507	66936	125044	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18528	66390	124666	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18552	65720	124240	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2747	9996	18406	0	0	0
	Comp. gl	5676	19647	37169	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14545	87568	142020	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14643	83891	137260	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14776	79281	131365	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	13897	21874	0	0	0
	Comp. gl	3978	22485	36934	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	15968	68285	126625	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16003	67551	125957	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16045	66654	125187	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	9283	16774	0	0	0
	Comp. gl	4314	17754	33098	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18225	91866	155375	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18330	89061	151995	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18467	85588	147907	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3618	21852	34350	0	0	0
0	Comp. gl	7610	36322	59980	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18472	67836	125718	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18497	67191	125229	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18527	66400	124673	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2741	10170	18553	0	0	0
	Comp. gl	5669	19843	37288	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O2

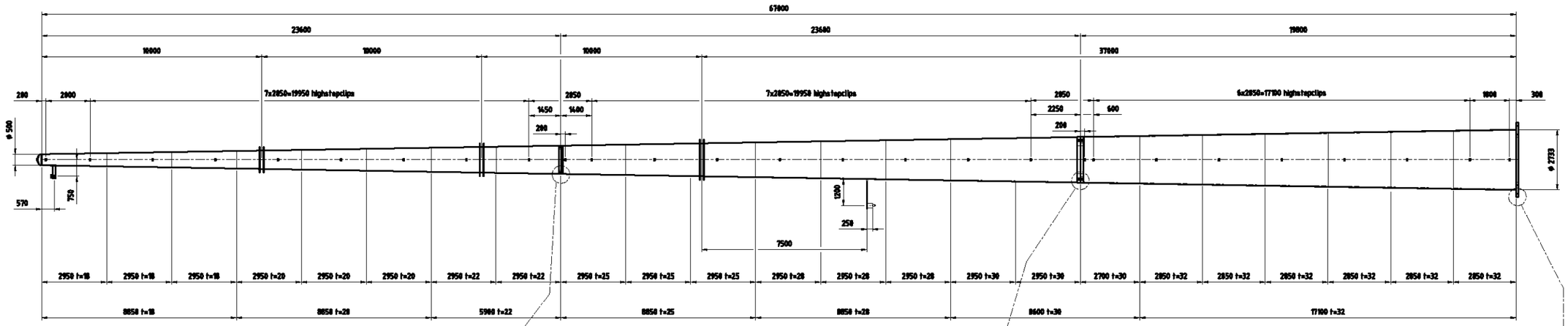
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17250	62759	116337	17250	62759	-116337
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17273	62165	115888	17273	62165	-115888
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17299	61437	115378	17299	61437	-115378
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2238	8611	15570	2238	8611	-15570
	Comp. gl	4681	16798	31374	4681	16798	-31374
1b	380C1F1 / 380C2F1	17916	67143	132761	17916	67143	-132761
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17917	67070	132764	17917	67070	-132764
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17919	66979	132771	17919	66979	-132771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2332	8681	17072	2332	8681	-17072
	Comp. gl	4828	17696	35029	4828	17696	-35029
3	380C1F1 / 380C2F1	27288	89496	174174	27288	89496	-174174
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27293	89276	174145	27293	89276	-174145
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27298	89000	174122	27298	89000	-174122
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7707	21838	42052	7707	21838	-42052
	Comp. gl	15601	43501	84873	15601	43501	-84873
4	380C1F1 / 380C2F1	19850	65611	129687	19850	65611	-129687
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19851	65541	129695	19851	65541	-129695
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19852	65452	129708	19852	65452	-129708
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2876	9395	18504	2876	9395	-18504
	Comp. gl	5919	19204	38053	5919	19204	-38053
1a	380C1F1 / 380C2F1	17366	59372	114259	15930	103600	-164684
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17372	59143	114175	16039	98872	-158556
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17379	58859	114086	16190	92907	-150890
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2264	7909	15002	2030	16696	-25795
	Comp. gl	4707	16004	30927	4358	26528	-42738
1b	380C1F1 / 380C2F1	17922	66701	132817	17762	71490	-134775
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17922	66667	132825	17786	70965	-134391
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17923	66625	132836	17813	70320	-133957
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2333	8598	17072	2297	9572	-17661
	Comp. gl	4829	17590	35046	4796	18719	-35453
3	380C1F1 / 380C2F1	27313	88170	174146	26734	103682	-183882
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27314	88072	174159	26811	101936	-182252
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27315	87948	174180	26904	99793	-180352
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7715	21410	42058	7543	26272	-44790
	Comp. gl	15608	42956	84956	15434	48721	-86984
4	380C1F1 / 380C2F1	19854	65181	129768	19738	69650	-131080
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19854	65148	129778	19755	69172	-130790
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19855	65107	129790	19775	68582	-130467
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2877	9317	18514	2853	10169	-18859
	Comp. gl	5920	19102	38078	5898	20123	-38268
1a	380C1F1 / 380C2F1	16085	96963	156094	16085	96963	-156094
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16192	92831	150793	16192	92831	-150793
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16340	87644	144214	16340	87644	-144214
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2049	15448	24134	2049	15448	-24134

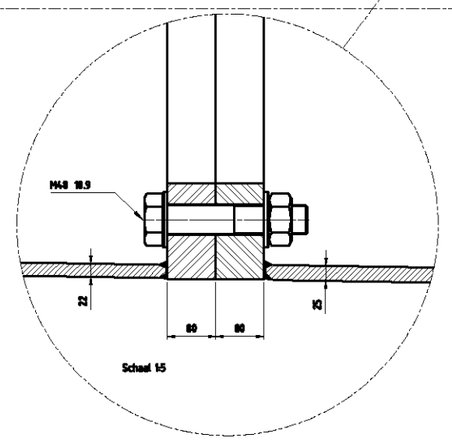
W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

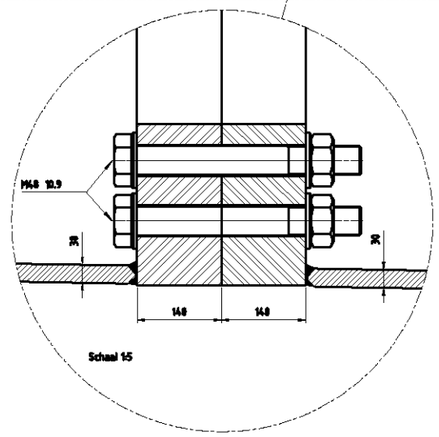
Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4400	24915	40650	4400	24915	-40650
1b	380C1F1 / 380C2F1	17794	70757	134246	17794	70757	-134246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17813	70312	133951	17813	70312	-133951
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17835	69766	133620	17835	69766	-133620
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2304	9417	17520	2304	9417	-17520
	Comp. gl	4803	18548	35338	4803	18548	-35338
3	380C1F1 / 380C2F1	26841	101243	181625	26841	101243	-181625
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26905	99766	180329	26905	99766	-180329
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26982	97953	178830	26982	97953	-178830
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7574	25522	44152	7574	25522	-44152
	Comp. gl	15467	47854	86421	15467	47854	-86421
4	380C1F1 / 380C2F1	19762	68982	130682	19762	68982	-130682
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19775	68575	130463	19775	68575	-130463
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19791	68073	130221	19791	68073	-130221
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2857	10039	18766	2857	10039	-18766
	Comp. gl	5902	19974	38197	5902	19974	-38197
1a	380C1F1 / 380C2F1	15930	103600	164684	17366	59372	-114259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16039	98872	158556	17372	59143	-114175
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16190	92907	150890	17379	58859	-114086
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2030	16696	25795	2264	7909	-15002
	Comp. gl	4358	26528	42738	4707	16004	-30927
1b	380C1F1 / 380C2F1	17762	71490	134775	17922	66701	-132817
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17786	70965	134391	17922	66667	-132825
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17813	70320	133957	17923	66625	-132836
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2297	9572	17661	2333	8598	-17072
	Comp. gl	4796	18719	35453	4829	17590	-35046
3	380C1F1 / 380C2F1	26734	103682	183882	27313	88170	-174146
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26811	101936	182252	27314	88072	-174159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26904	99793	180352	27315	87948	-174180
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7543	26272	44790	7715	21410	-42058
	Comp. gl	15434	48721	86984	15608	42956	-84956
4	380C1F1 / 380C2F1	19738	69650	131080	19854	65181	-129768
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19755	69172	130790	19854	65148	-129778
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19775	68582	130467	19855	65107	-129790
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2853	10169	18859	2877	9317	-18514
	Comp. gl	5898	20123	38268	5920	19102	-38078



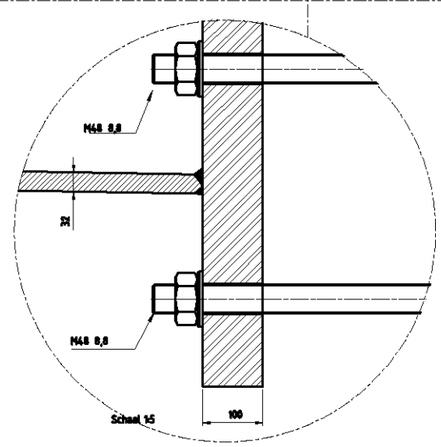
Schaal 1:100



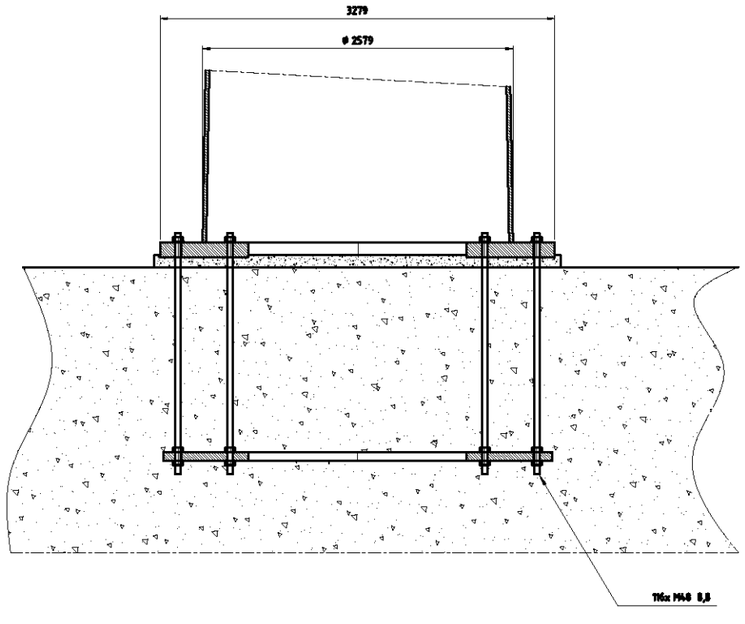
Schaal 1:5



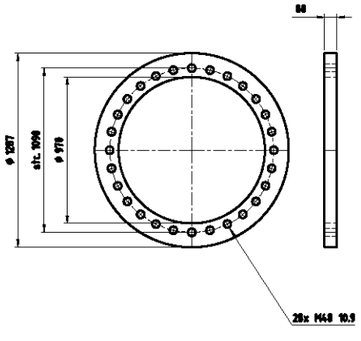
Schaal 1:5



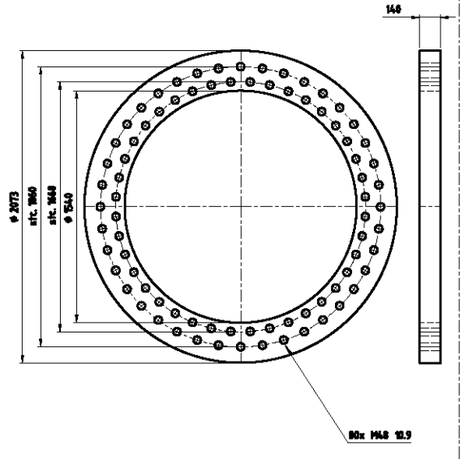
Schaal 1:5



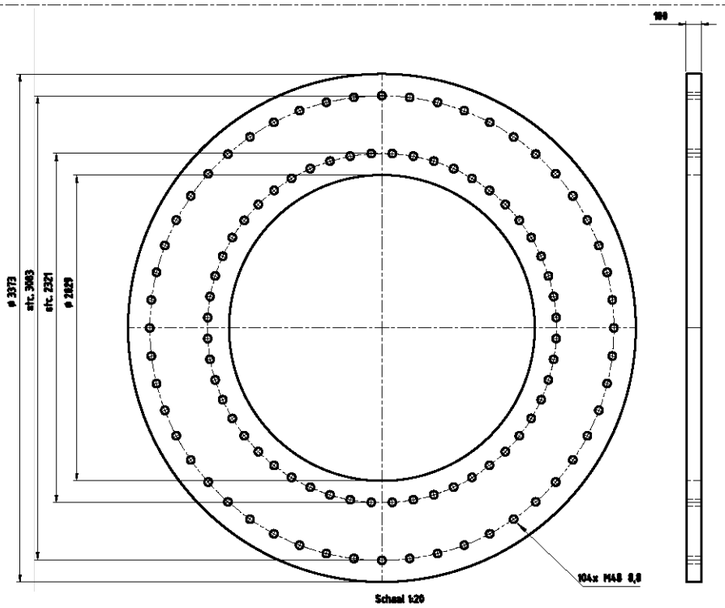
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (meten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lassorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+10

Uitg	Datum	Gat	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	Wvl.		Maatsoenheid: mm	Adres:
2	12-12-2012	Wvl.		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
				Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

Projectie: Telecom

Tek.nr.: MS-0004/08 A1

Volker Wessels Telecom Network Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten Volker Wessels Telecom Network Solutions, nadruk verboden

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+5)"

Tracé Vijfhuizen – Beverwijk

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – afmeting voetplaat gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-detailberekening toegevoegd	22 - 33 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummer tracé VHZ-BWK toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
04- Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 52m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 42m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm " Retourstroomgeleider "	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip " Retourstroomgeleider "	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage N, N1 en N2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Beverwijk – Vijfhuizen & Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+5) zijn de bijlage N en N1 (berekening maststerkte) en bijlage N2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 62,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,567 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,95 meter, 22,80 meter en 19,25 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+5) zijn de bijlage N en N1 (berekening maststerkte) en bijlage N2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2H400(+5)"

Berekening

W2H400+5

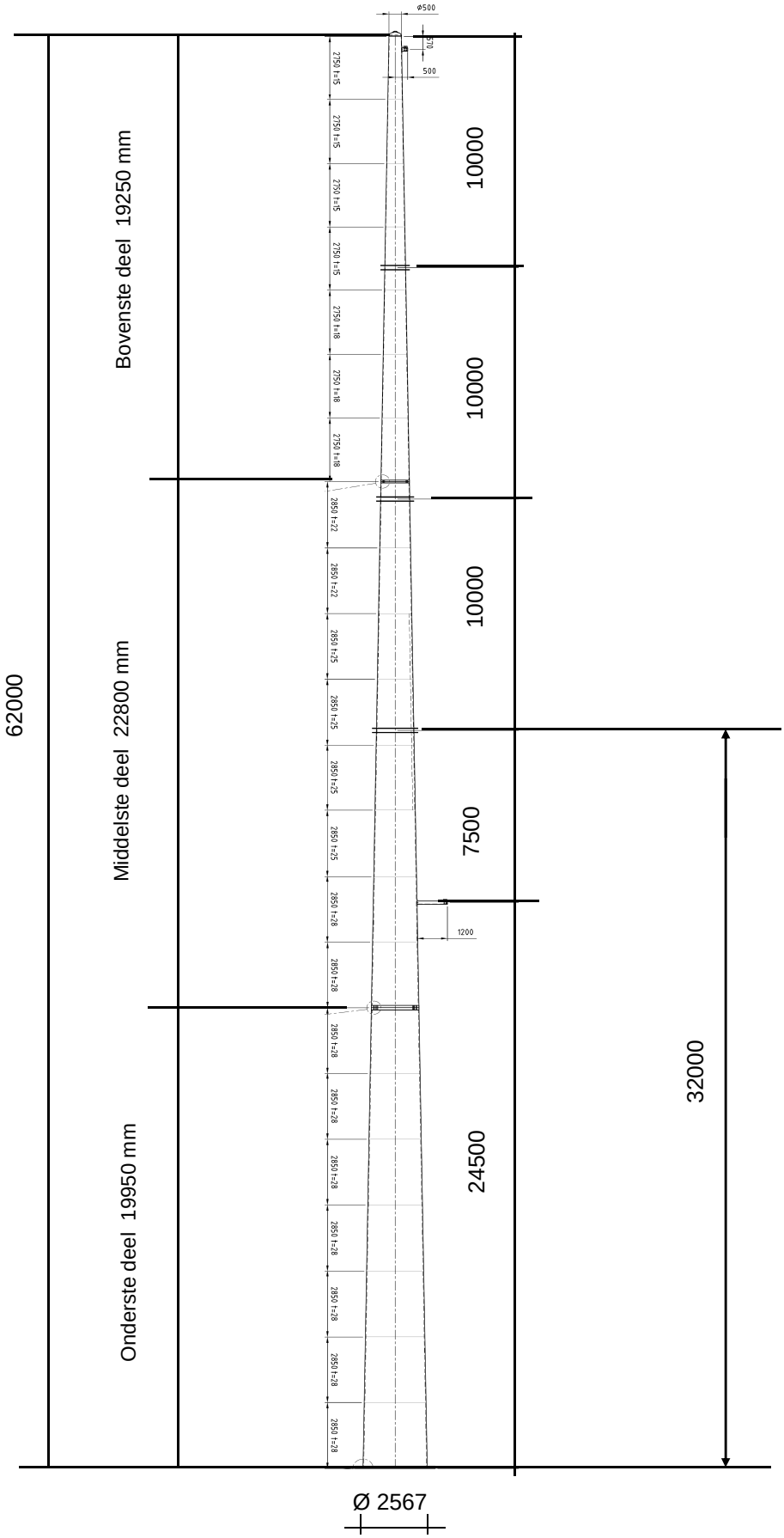
62,0 m - 2567 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,534

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	61,72
2	2180	592	519	n.v.t.	2	1	60,34
3	2750	683	592	n.v.t.	2	1	57,88
4	2750	775	683	n.v.t.	2	1	55,13
5	1750	833	775	n.v.t.	2	1	52,88
6	1000	867	833	n.v.t.	2	1	51,50
7	2750	958	867	n.v.t.	2	1	49,63
8	2750	1050	958	n.v.t.	2	1	46,88
9	2750	1142	1050	n.v.t.	2	1	44,13
10	750	1167	1142	n.v.t.	2	1	42,38
11	2100	1237	1167	n.v.t.	2	1	40,95
12	2850	1332	1237	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1427	1332	n.v.t.	2	1	35,63
14	2200	1500	1427	n.v.t.	2	1	33,10
15	650	1522	1500	n.v.t.	2	1	31,68
16	2850	1617	1522	n.v.t.	2	1	29,93
17	2850	1712	1617	n.v.t.	2	1	27,08
18	1150	1750	1712	n.v.t.	2	1	25,08
19	1700	1807	1750	n.v.t.	2	1	23,65
20	2850	1902	1807	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1997	1902	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	2092	1997	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2187	2092	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2282	2187	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2377	2282	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2472	2377	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2567	2472	n.v.t.	2	1	1,43
	62000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	555	15,0	25463	199,88	9,30E+08	191,11	3,35E+06
3	638	15,0	29336	230,28	1,42E+09	220,16	4,46E+06
4	729	15,0	33656	264,20	2,15E+09	252,56	5,89E+06
5	804	15,0	37191	291,95	2,90E+09	279,08	7,20E+06
6	850	15,0	39351	308,91	3,43E+09	295,28	8,07E+06
7	913	18,0	50587	397,10	5,06E+09	316,34	1,11E+07
8	1004	18,0	55771	437,80	6,78E+09	348,75	1,35E+07
9	1096	18,0	60955	478,50	8,86E+09	381,16	1,62E+07
10	1154	22,0	78257	614,32	1,25E+10	400,39	2,17E+07
11	1202	22,0	81541	640,09	1,42E+10	417,19	2,36E+07
12	1284	22,0	87243	684,86	1,74E+10	446,36	2,71E+07
13	1379	25,0	106367	834,98	2,44E+10	478,90	3,54E+07
14	1463	25,0	112979	886,88	2,92E+10	508,66	3,99E+07
15	1511	25,0	116710	916,17	3,22E+10	525,45	4,27E+07
16	1569	25,0	121292	952,14	3,62E+10	546,08	4,61E+07
17	1664	25,0	128755	1010,72	4,33E+10	579,67	5,20E+07
18	1731	28,0	149807	1175,98	5,43E+10	602,19	6,28E+07
19	1779	28,0	153985	1208,79	5,90E+10	618,99	6,63E+07
20	1854	28,0	160657	1261,16	6,70E+10	645,80	7,23E+07
21	1949	28,0	169015	1326,77	7,80E+10	679,39	8,00E+07
22	2044	28,0	177373	1392,38	9,02E+10	712,98	8,82E+07
23	2139	28,0	185731	1457,99	1,04E+11	746,57	9,68E+07
24	2234	28,0	194089	1523,60	1,18E+11	780,16	1,06E+08
25	2329	28,0	202447	1589,21	1,34E+11	813,75	1,15E+08
26	2424	28,0	210805	1654,82	1,51E+11	847,34	1,25E+08
27	2519	28,0	219163	1720,43	1,70E+11	880,93	1,35E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	62000	1 -- 2	1	570	2,33E+04	7,13E+08
2	61430	2 -- 3	2	2180	2,55E+04	9,30E+08
3	59250	3 -- 4	3	2750	2,93E+04	1,42E+09
4	56500	4 -- 5	4	2750	3,37E+04	2,15E+09
5	53750	5 -- 6	5	1750	3,72E+04	2,90E+09
6	52000	6 -- 7	6	1000	3,94E+04	3,43E+09
7	51000	7 -- 8	7	2750	5,06E+04	5,06E+09
8	48250	8 -- 9	8	2750	5,58E+04	6,78E+09
9	45500	9 -- 10	9	2750	6,10E+04	8,86E+09
10	42750	10 -- 11	10	750	7,83E+04	1,25E+10
11	42000	11 -- 12	11	2100	8,15E+04	1,42E+10
12	39900	12 -- 13	12	2850	8,72E+04	1,74E+10
13	37050	13 -- 14	13	2850	1,06E+05	2,44E+10
14	34200	14 -- 15	14	2200	1,13E+05	2,92E+10
15	32000	15 -- 16	15	650	1,17E+05	3,22E+10
16	31350	16 -- 17	16	2850	1,21E+05	3,62E+10
17	28500	17 -- 18	17	2850	1,29E+05	4,33E+10
18	25650	18 -- 19	18	1150	1,50E+05	5,43E+10
19	24500	19 -- 20	19	1700	1,54E+05	5,90E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	1,61E+05	6,70E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	1,69E+05	7,80E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,77E+05	9,02E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,86E+05	1,04E+11
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,94E+05	1,18E+11
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,02E+05	1,34E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,11E+05	1,51E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,19E+05	1,70E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	61,72	0,21	1,20	32,40	0,17	1457
2	60,34	0,21	1,20	32,27	0,18	1449
3	57,88	0,21	1,19	32,04	0,18	1434
4	55,13	0,21	1,18	31,76	0,18	1416
5	52,88	0,21	1,17	31,53	0,18	1401
6	51,50	0,21	1,16	31,38	0,18	1391
7	49,63	0,21	1,15	31,17	0,18	1378
8	46,88	0,21	1,14	30,85	0,18	1358
9	44,13	0,21	1,13	30,50	0,19	1336
10	42,38	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
11	40,95	0,21	1,11	30,08	0,19	1310
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	33,10	0,21	1,07	28,88	0,20	1236
15	31,68	0,21	1,06	28,63	0,20	1220
16	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
17	27,08	0,21	1,03	27,74	0,20	1167
18	25,08	0,21	1,01	27,31	0,21	1142
19	23,65	0,21	1,00	26,98	0,21	1122
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	400	0,40	0,00	2,28E-02	816,69
2	2 -- 3	4684	3710	5,24	0,55	2,28E-02	803,68
3	3 -- 4	6745		9,92	17,07	2,27E-02	754,01
4	4 -- 5	7678		16,67	53,64	2,24E-02	691,86
5	5 -- 6	5372		24,35	110,03	2,19E-02	630,82
6	6 -- 7	3239	29694	59,41	157,34	2,15E-02	592,76
7	7 -- 8	11333		62,65	218,37	2,13E-02	571,34
8	8 -- 9	12452		73,98	406,24	2,05E-02	513,80
9	9 -- 10	13571		86,44	626,81	1,95E-02	458,74
10	10 -- 11	4720	4425	104,43	883,17	1,84E-02	406,58
11	11 -- 12	13757	30138	139,29	963,26	1,81E-02	392,89
12	12 -- 13	19946		153,05	1270,22	1,73E-02	355,64
13	13 -- 14	24224		172,99	1734,82	1,62E-02	307,82
14	14 -- 15	19841		197,22	2262,36	1,51E-02	263,27
15	15 -- 16	6053	30582	247,64	2718,06	1,42E-02	231,11
16	16 -- 17	27564		253,69	2881,00	1,39E-02	221,99
17	17 -- 18	29233		281,26	3643,30	1,27E-02	184,07
18	18 -- 19	13696		310,49	4486,53	1,14E-02	149,71
19	19 -- 20	20804	7694	331,88	4851,47	1,09E-02	136,87
20	20 -- 21	36371		352,68	5433,35	1,02E-02	118,88
21	21 -- 22	38240	20997	410,05	6490,32	9,02E-03	91,41
22	22 -- 23	40110		448,29	7713,46	7,78E-03	67,42
23	23 -- 24	41980		488,40	9048,24	6,52E-03	46,99
24	24 -- 25	43850		530,38	10500,00	5,24E-03	30,18
25	25 -- 26	45720		574,23	12074,08	3,95E-03	17,04
26	26 -- 27	47590		619,95	13775,79	2,64E-03	7,61
27	27 -- 28	49460		667,54	15610,46	1,32E-03	1,92
28			40090	757,09	17583,43	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	40,0	0,817	1217,14	100,733
2	2 -- 3	468,4	371,0	0,804	6504,17	523,791
3	3 -- 4	674,5		0,754	4783,79	352,536
4	4 -- 5	767,8		0,692	4981,29	335,813
5	5 -- 6	537,2		0,631	3223,84	201,051
6	6 -- 7	323,9	2969,4	0,593	19116,23	1153,060
7	7 -- 8	1133,3		0,571	6032,04	333,619
8	8 -- 9	1245,2		0,514	5940,01	294,439
9	9 -- 10	1357,1		0,459	5760,19	254,047
10	10 -- 11	472,0	442,5	0,407	3615,64	148,561
11	11 -- 12	1375,7	3013,8	0,393	16666,87	657,924
12	12 -- 13	1994,6		0,356	6491,01	219,497
13	13 -- 14	2422,4		0,308	6785,87	197,523
14	14 -- 15	1984,1		0,263	4811,45	121,239
15	15 -- 16	605,3	3058,2	0,231	8278,56	194,405
16	16 -- 17	2756,4		0,222	5489,90	113,620
17	17 -- 18	2923,3		0,184	4785,97	81,419
18	18 -- 19	1369,6		0,150	1925,21	28,120
19	19 -- 20	2080,4	769,4	0,137	3642,79	48,430
20	20 -- 21	3637,1		0,119	3751,48	40,208
21	21 -- 22	3824,0	2099,7	0,091	4862,01	41,662
22	22 -- 23	4011,0		0,067	2250,87	13,125
23	23 -- 24	4198,0		0,047	1588,90	6,249
24	24 -- 25	4385,0		0,030	1015,50	2,444
25	25 -- 26	4572,0		0,017	552,74	0,694
26	26 -- 27	4759,0		0,008	222,53	0,108
27	27 -- 28	4946,0		0,002	46,66	0,005
28			4009,0	0,000	0,00	0,000
				Som	134343	5464

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,79	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,51	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,04	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,56	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,48	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,74	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,52	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,20	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,45	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	505,08	1,46
10 -- 11	4648	0,489	0,750	0,18	835,10	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,92	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	329,09	1,16
13 -- 14	850	0,350	2,850	0,35	296,15	1,00
14 -- 15	2292	0,303	2,200	0,20	461,94	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,58	0,18
16 -- 17	967	0,249	2,850	0,18	170,35	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	122,07	0,58
18 -- 19	1860	0,175	1,150	0,04	65,84	0,20
19 -- 20	1224	0,157	1,700	0,04	51,00	0,27
20 -- 21	2013	0,129	2,850	0,05	95,09	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	36,16	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,68	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,37	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,66	0,08
25 -- 26	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
26 -- 27	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
27 -- 28	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8384,80	21,46

m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,79	Hz
b =	1,53	m
h =	62,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	111,30	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,067	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,079	
$v_m(z_s)$ =	29,54	m/s
$v_m(z)$ =	32,43	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,71	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,47	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,05	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,67	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,59	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,60

$c_s c_d$ = **1,08**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,3	1,64E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,2	1,78E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,9	2,04E+06	0,80	0,81	0,65
4	47,6	2,31E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,3	2,54E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,2	2,67E+06	0,80	0,81	0,65
7	47,0	2,86E+06	0,80	0,81	0,65
8	46,6	3,12E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,2	3,38E+06	0,79	0,81	0,64
10	46,0	3,54E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,8	3,67E+06	0,79	0,81	0,64
12	45,4	3,89E+06	0,79	0,81	0,64
13	44,9	4,13E+06	0,79	0,81	0,64
14	44,5	4,34E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,2	4,45E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,8	4,59E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,2	4,80E+06	0,79	0,81	0,64
18	42,7	4,93E+06	0,79	0,81	0,64
19	42,4	5,02E+06	0,79	0,81	0,64
20	41,7	5,16E+06	0,78	0,81	0,64
21	40,8	5,31E+06	0,78	0,81	0,64
22	39,8	5,42E+06	0,78	0,81	0,63
23	38,5	5,49E+06	0,78	0,81	0,63
24	36,9	5,50E+06	0,78	0,81	0,63
25	34,7	5,40E+06	0,77	0,81	0,63
26	31,4	5,07E+06	0,77	0,81	0,62
27	30,9	5,20E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - N, N1 en N2		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	61,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	52,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	42,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	32,00	0,000
Retourstroomgeleider	24,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1043	86	1128	0,189	0,068	404	0,709
2	4357	327	4684	0,787	0,262	1637	0,751
3	6333	413	6745	1,138	0,330	2267	0,824
4	7266	413	7678	1,299	0,330	2485	0,904
5	5109	263	5372	0,911	0,210	1691	0,966
6	3089	150	3239	0,550	0,120	1004	1,004
7	10920	413	11333	1,621	0,330	2896	1,053
8	12040	413	12452	1,781	0,330	3088	1,123
9	13159	413	13571	1,941	0,330	3269	1,189
10	4607	113	4720	0,557	0,090	921	1,229
11	13442	315	13757	1,623	0,252	2646	1,260
12	19519	428	19946	2,352	0,342	3737	1,311
13	23797	428	24224	2,523	0,342	3891	1,365
14	19511	330	19841	2,064	0,264	3098	1,408
15	5955	98	6053	0,629	0,078	930	1,430
16	27136	428	27564	2,863	0,342	4146	1,455
17	28806	428	29233	3,032	0,342	4242	1,488
18	13524	173	13696	1,271	0,138	1733	1,507
19	20549	255	20804	1,929	0,204	2578	1,517
20	35943	428	36371	3,367	0,342	4351	1,527
21	37813	428	38240	3,533	0,342	4353	1,527
22	39683	428	40110	3,698	0,342	4306	1,511
23	41553	428	41980	3,859	0,342	4197	1,473
24	43423	428	43850	4,018	0,342	4000	1,404
25	45292	428	45720	4,169	0,342	3666	1,286
26	47162	428	47590	4,305	0,342	3081	1,081
27	49032	428	49460	4,469	0,342	3099	1,087
	580063	9300	589363	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	77717

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2375	480	480	480	480
2	2 -- 3	2579	4452	4450	18488	5956
3	3 -- 4	2943				
4	4 -- 5	3350				
5	5 -- 6	3683				
6	6 -- 7	3887	35640	35620	60300	41654
7	7 -- 8	4945				
8	8 -- 9	5434				
9	9 -- 10	5922				
10	10 -- 11	7552	5309	5309	5309	5309
11	11 -- 12	7861	36172	36152	60832	42186
12	12 -- 13	8398				
13	13 -- 14	10200				
14	14 -- 15	10823				
15	15 -- 16	11174	36703	36685	61365	42719
16	16 -- 17	11606				
17	17 -- 18	12309				
18	18 -- 19	14292				
19	19 -- 20	14685	9234	9230	37352	12244
20	20 -- 21	15314				
21	21 -- 22	16101	25196	25196	25196	25196
22	22 -- 23	16889				
23	23 -- 24	17676				
24	24 -- 25	18463				
25	25 -- 26	19251				
26	26 -- 27	20038				
27	27 -- 28	20825				
28			48108	48108	48108	48108

KEMA rapport - bijlage N - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3180 / 1900 , t = 100 mm ; G = 4009 kg
Flenzen op 19,95m : 2 * rond 1903 / 1385 , t = 100 mm ; G = 2100 kg
Flenzen op 42,75m : 2 * rond 1142 / 840 , t = 60 mm ; G = 442 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 52m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 42m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 27m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

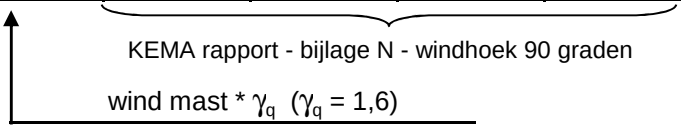
knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	709				
2	2 -- 3	751	30124	17972	49018	19140
3	3 -- 4	824				
4	4 -- 5	904				
5	5 -- 6	966				
6	6 -- 7	1004	188346	134720	193882	131344
7	7 -- 8	1053				
8	8 -- 9	1123				
9	9 -- 10	1189				
10	10 -- 11	1229				
11	11 -- 12	1260	180120	133816	190890	130514
12	12 -- 13	1311				
13	13 -- 14	1365				
14	14 -- 15	1408				
15	15 -- 16	1430	169778	132702	187214	129488
16	16 -- 17	1455				
17	17 -- 18	1488				
18	18 -- 19	1507				
19	19 -- 20	1517	48330	35300	91506	37994
20	20 -- 21	1527				
21	21 -- 22	1527				
22	22 -- 23	1511				
23	23 -- 24	1473				
24	24 -- 25	1404				
25	25 -- 26	1286				
26	26 -- 27	1081				
27	27 -- 28	1087				
28						

KEMA rapport - bijlage N2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1134				
2	2 -- 3	1201	40858	21496	64900	23680
3	3 -- 4	1319				
4	4 -- 5	1446				
5	5 -- 6	1546				
6	6 -- 7	1606	249960	158060	246154	158668
7	7 -- 8	1685				
8	8 -- 9	1796				
9	9 -- 10	1902				
10	10 -- 11	1966				
11	11 -- 12	2016	237744	156606	241614	157360
12	12 -- 13	2098				
13	13 -- 14	2184				
14	14 -- 15	2253				
15	15 -- 16	2288	222234	154820	236024	155744
16	16 -- 17	2328				
17	17 -- 18	2382				
18	18 -- 19	2411				
19	19 -- 20	2427	63902	41552	120024	46474
20	20 -- 21	2443				
21	21 -- 22	2444				
22	22 -- 23	2418				
23	23 -- 24	2356				
24	24 -- 25	2246				
25	25 -- 26	2058				
26	26 -- 27	1729				
27	27 -- 28	1740				
28						



4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	404		0	0,00E+00	3,69E-03	123
2	2 -- 3	1637		404	1,26E+05	3,69E-03	120
3	3 -- 4	2267		2041	2,87E+06	3,68E-03	112
4	4 -- 5	2485		4308	1,18E+07	3,61E-03	102
5	5 -- 6	1691		6793	2,73E+07	3,50E-03	93
6	6 -- 7	1004		8484	4,10E+07	3,40E-03	87
7	7 -- 8	2896		9488	5,02E+07	3,34E-03	83
8	8 -- 9	3088		12384	8,09E+07	3,17E-03	74
9	9 -- 10	3269		15472	1,20E+08	2,98E-03	66
10	10 -- 11	921		18741	1,68E+08	2,77E-03	58
11	11 -- 12	2646		19662	1,82E+08	2,72E-03	56
12	12 -- 13	3737		22308	2,27E+08	2,58E-03	50
13	13 -- 14	3891		26045	2,97E+08	2,37E-03	43
14	14 -- 15	3098		29936	3,79E+08	2,19E-03	37
15	15 -- 16	930		33034	4,49E+08	2,04E-03	32
16	16 -- 17	4146		33964	4,71E+08	1,99E-03	31
17	17 -- 18	4242		38110	5,75E+08	1,80E-03	25
18	18 -- 19	1733		42352	6,91E+08	1,60E-03	20
19	19 -- 20	2578		44085	7,42E+08	1,53E-03	19
20	20 -- 21	4351		46663	8,20E+08	1,42E-03	16
21	21 -- 22	4353		51014	9,60E+08	1,24E-03	12
22	22 -- 23	4306		55367	1,11E+09	1,06E-03	9
23	23 -- 24	4197		59673	1,28E+09	8,80E-04	6
24	24 -- 25	4000		63871	1,46E+09	7,01E-04	4
25	25 -- 26	3666		67871	1,64E+09	5,24E-04	2
26	26 -- 27	3081		71537	1,84E+09	3,47E-04	1
27	27 -- 28	3099		74618	2,05E+09	1,72E-04	0
28				77717	2,27E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,03E-02	1662
2	2 -- 3		30124	30124	1,48E+05	5,03E-02	1634
3	3 -- 4			30124	6,69E+07	4,99E-02	1524
4	4 -- 5			30124	1,52E+08	4,89E-02	1388
5	5 -- 6			30124	2,38E+08	4,78E-02	1255
6	6 -- 7		188346	218470	2,96E+08	4,70E-02	1172
7	7 -- 8			218470	5,17E+08	4,64E-02	1125
8	8 -- 9			218470	1,13E+09	4,43E-02	1000
9	9 -- 10			218470	1,74E+09	4,16E-02	882
10	10 -- 11			218470	2,35E+09	3,86E-02	771
11	11 -- 12		180120	398590	2,52E+09	3,79E-02	743
12	12 -- 13			398590	3,37E+09	3,58E-02	665
13	13 -- 14			398590	4,52E+09	3,27E-02	567
14	14 -- 15			398590	5,67E+09	2,99E-02	478
15	15 -- 16		169778	568368	6,56E+09	2,77E-02	414
16	16 -- 17			568368	6,94E+09	2,71E-02	397
17	17 -- 18			568368	8,58E+09	2,42E-02	323
18	18 -- 19			568368	1,02E+10	2,12E-02	259
19	19 -- 20		48330	616698	1,09E+10	2,01E-02	235
20	20 -- 21			616698	1,19E+10	1,86E-02	202
21	21 -- 22			616698	1,37E+10	1,60E-02	153
22	22 -- 23			616698	1,55E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			616698	1,73E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			616698	1,90E+10	8,60E-03	48
25	25 -- 26			616698	2,08E+10	6,31E-03	27
26	26 -- 27			616698	2,26E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			616698	2,43E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			616698	2,61E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,53E-02	1188
2	2 -- 3		17972	17972	1,04E+05	3,53E-02	1168
3	3 -- 4			17972	4,00E+07	3,51E-02	1091
4	4 -- 5			17972	9,10E+07	3,45E-02	995
5	5 -- 6			17972	1,43E+08	3,37E-02	901
6	6 -- 7		134720	152692	1,78E+08	3,33E-02	843
7	7 -- 8			152692	3,32E+08	3,29E-02	809
8	8 -- 9			152692	7,59E+08	3,15E-02	721
9	9 -- 10			152692	1,19E+09	2,97E-02	636
10	10 -- 11			152692	1,61E+09	2,76E-02	557
11	11 -- 12		133816	286508	1,73E+09	2,71E-02	537
12	12 -- 13			286508	2,34E+09	2,57E-02	481
13	13 -- 14			286508	3,17E+09	2,36E-02	411
14	14 -- 15			286508	4,00E+09	2,16E-02	347
15	15 -- 16		132702	419210	4,64E+09	2,00E-02	301
16	16 -- 17			419210	4,92E+09	1,96E-02	288
17	17 -- 18			419210	6,13E+09	1,75E-02	235
18	18 -- 19			419210	7,33E+09	1,54E-02	188
19	19 -- 20		35300	454510	7,82E+09	1,46E-02	171
20	20 -- 21			454510	8,60E+09	1,35E-02	147
21	21 -- 22			454510	9,91E+09	1,16E-02	111
22	22 -- 23			454510	1,12E+10	9,78E-03	81
23	23 -- 24			454510	1,25E+10	7,99E-03	55
24	24 -- 25			454510	1,38E+10	6,26E-03	35
25	25 -- 26			454510	1,51E+10	4,60E-03	19
26	26 -- 27			454510	1,64E+10	3,00E-03	9
27	27 -- 28			454510	1,77E+10	1,47E-03	2
28				454510	1,90E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,93E-02	1896
2	2 -- 3		49018	49018	1,75E+05	5,93E-02	1862
3	3 -- 4			49018	1,08E+08	5,87E-02	1733
4	4 -- 5			49018	2,46E+08	5,71E-02	1574
5	5 -- 6			49018	3,84E+08	5,52E-02	1419
6	6 -- 7		193882	242900	4,76E+08	5,40E-02	1324
7	7 -- 8			242900	7,22E+08	5,31E-02	1270
8	8 -- 9			242900	1,40E+09	5,04E-02	1127
9	9 -- 10			242900	2,08E+09	4,70E-02	993
10	10 -- 11			242900	2,76E+09	4,35E-02	868
11	11 -- 12		190890	433790	2,95E+09	4,27E-02	836
12	12 -- 13			433790	3,87E+09	4,03E-02	749
13	13 -- 14			433790	5,13E+09	3,68E-02	639
14	14 -- 15			433790	6,38E+09	3,36E-02	538
15	15 -- 16		187214	621004	7,35E+09	3,11E-02	467
16	16 -- 17			621004	7,76E+09	3,04E-02	447
17	17 -- 18			621004	9,56E+09	2,71E-02	365
18	18 -- 19			621004	1,13E+10	2,39E-02	292
19	19 -- 20		91506	712510	1,21E+10	2,27E-02	266
20	20 -- 21			712510	1,33E+10	2,09E-02	228
21	21 -- 22			712510	1,53E+10	1,80E-02	173
22	22 -- 23			712510	1,74E+10	1,52E-02	125
23	23 -- 24			712510	1,94E+10	1,24E-02	86
24	24 -- 25			712510	2,15E+10	9,74E-03	54
25	25 -- 26			712510	2,35E+10	7,16E-03	30
26	26 -- 27			712510	2,56E+10	4,67E-03	13
27	27 -- 28			712510	2,76E+10	2,28E-03	3
28				712510	2,97E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,50E-02	1172
2	2 -- 3		19140	19140	1,03E+05	3,50E-02	1152
3	3 -- 4			19140	4,26E+07	3,48E-02	1076
4	4 -- 5			19140	9,68E+07	3,41E-02	981
5	5 -- 6			19140	1,52E+08	3,34E-02	888
6	6 -- 7		131344	150484	1,89E+08	3,29E-02	830
7	7 -- 8			150484	3,41E+08	3,25E-02	798
8	8 -- 9			150484	7,61E+08	3,11E-02	710
9	9 -- 10			150484	1,18E+09	2,93E-02	627
10	10 -- 11			150484	1,60E+09	2,72E-02	549
11	11 -- 12		130514	280998	1,72E+09	2,67E-02	529
12	12 -- 13			280998	2,32E+09	2,53E-02	474
13	13 -- 14			280998	3,13E+09	2,32E-02	405
14	14 -- 15			280998	3,94E+09	2,12E-02	341
15	15 -- 16		129488	410486	4,57E+09	1,97E-02	296
16	16 -- 17			410486	4,84E+09	1,92E-02	283
17	17 -- 18			410486	6,03E+09	1,72E-02	231
18	18 -- 19			410486	7,21E+09	1,51E-02	185
19	19 -- 20		37994	448480	7,69E+09	1,44E-02	168
20	20 -- 21			448480	8,46E+09	1,33E-02	145
21	21 -- 22			448480	9,75E+09	1,14E-02	109
22	22 -- 23			448480	1,10E+10	9,63E-03	79
23	23 -- 24			448480	1,23E+10	7,87E-03	54
24	24 -- 25			448480	1,36E+10	6,17E-03	34
25	25 -- 26			448480	1,49E+10	4,53E-03	19
26	26 -- 27			448480	1,62E+10	2,95E-03	8
27	27 -- 28			448480	1,75E+10	1,45E-03	2
28				448480	1,88E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,36E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,36E-04	2
3	3 -- 4				2,82E+06	1,04E-04	2
4	4 -- 5				2,82E+06	7,83E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	6,12E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,30E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,91E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	4,18E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,64E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,22E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,14E-05	1
12	12 -- 13				2,82E+06	2,95E-05	1
13	13 -- 14				2,82E+06	2,73E-05	1
14	14 -- 15				2,82E+06	2,57E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	2,47E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	2,44E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	2,33E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	2,25E-05	0
19	19 -- 20				1,88E+07	2,22E-05	0
20	20 -- 21				1,88E+07	1,96E-05	0
21	21 -- 22				1,88E+07	1,58E-05	0
22	22 -- 23				1,88E+07	1,25E-05	0
23	23 -- 24				1,88E+07	9,71E-06	0
24	24 -- 25				1,88E+07	7,24E-06	0
25	25 -- 26				1,88E+07	5,08E-06	0
26	26 -- 27				1,88E+07	3,18E-06	0
27	27 -- 28				1,88E+07	1,50E-06	0
28					1,88E+07	0,00E+00	0

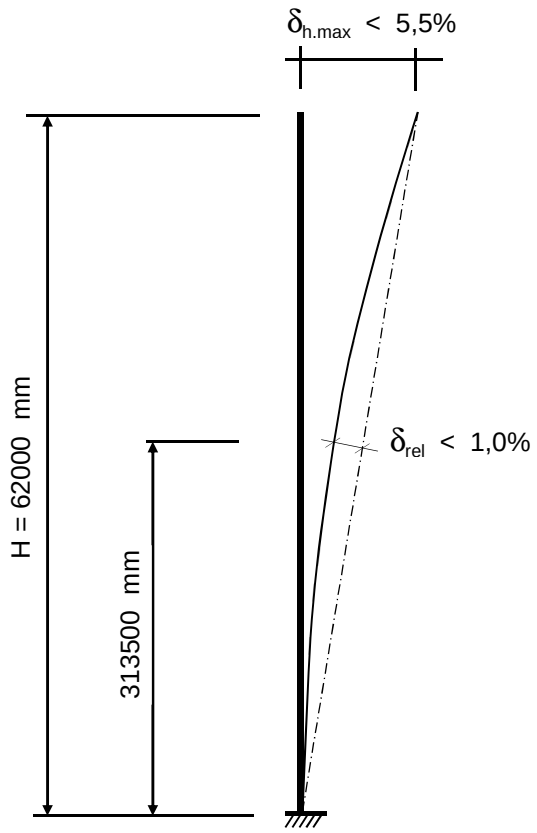
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,1E-02	1935
2	2 -- 3	6,1E-02	1900
3	3 -- 4	6,0E-02	1768
4	4 -- 5	5,8E-02	1606
5	5 -- 6	5,6E-02	1448
6	6 -- 7	5,5E-02	1351
7	7 -- 8	5,4E-02	1296
8	8 -- 9	5,1E-02	1150
9	9 -- 10	4,8E-02	1013
10	10 -- 11	4,4E-02	886
11	11 -- 12	4,4E-02	853
12	12 -- 13	4,1E-02	764
13	13 -- 14	3,7E-02	652
14	14 -- 15	3,4E-02	550
15	15 -- 16	3,2E-02	477
16	16 -- 17	3,1E-02	457
17	17 -- 18	2,8E-02	373
18	18 -- 19	2,4E-02	299
19	19 -- 20	2,3E-02	271
20	20 -- 21	2,1E-02	233
21	21 -- 22	1,8E-02	177
22	22 -- 23	1,6E-02	128
23	23 -- 24	1,3E-02	88
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,3E-03	31
26	26 -- 27	4,8E-03	14
27	27 -- 28	2,3E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1935 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 3,12 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 457 mm
α = 1,79 graden

δ_{rel} = 521 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	606	480	0	0,00E+00	5,82E-03	193
2	2 -- 3	2455	6286	647	1,84E+05	5,82E-03	190
3	3 -- 4	3401	11907	3266	4,45E+06	5,80E-03	177
4	4 -- 5	3728	20002	6893	1,84E+07	5,70E-03	162
5	5 -- 6	2537	29215	10869	4,28E+07	5,52E-03	146
6	6 -- 7	1505	71301	13575	6,42E+07	5,36E-03	137
7	7 -- 8	4344	75188	15181	7,86E+07	5,27E-03	131
8	8 -- 9	4632	88787	19814	1,27E+08	5,00E-03	117
9	9 -- 10	4904	103729	24755	1,88E+08	4,70E-03	104
10	10 -- 11	1382	125324	29985	2,63E+08	4,37E-03	91
11	11 -- 12	3969	167161	31460	2,86E+08	4,29E-03	88
12	12 -- 13	5605	183669	35693	3,57E+08	4,06E-03	79
13	13 -- 14	5837	207604	41672	4,67E+08	3,74E-03	68
14	14 -- 15	4647	236674	47897	5,95E+08	3,45E-03	58
15	15 -- 16	1394	297186	52854	7,06E+08	3,22E-03	51
16	16 -- 17	6219	304450	54342	7,40E+08	3,15E-03	48
17	17 -- 18	6363	337526	60976	9,05E+08	2,84E-03	40
18	18 -- 19	2599	372606	67763	1,09E+09	2,53E-03	32
19	19 -- 20	3868	398275	70535	1,17E+09	2,41E-03	29
20	20 -- 21	6527	423240	74661	1,29E+09	2,24E-03	25
21	21 -- 22	6529	492081	81623	1,51E+09	1,96E-03	19
22	22 -- 23	6460	537969	88587	1,76E+09	1,68E-03	14
23	23 -- 24	6296	586102	95477	2,02E+09	1,39E-03	10
24	24 -- 25	6000	636478	102193	2,30E+09	1,11E-03	6
25	25 -- 26	5499	689098	108594	2,60E+09	8,29E-04	4
26	26 -- 27	4621	743962	114460	2,92E+09	5,50E-04	2
27	27 -- 28	4649	801070	119389	3,25E+09	2,73E-04	0
28			908529	124347	3,60E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,60E-02	2175
2	2 -- 3		40858	40858	0,00E+00	6,60E-02	2138
3	3 -- 4			40858	8,91E+07	6,55E-02	1994
4	4 -- 5			40858	2,01E+08	6,41E-02	1816
5	5 -- 6			40858	3,14E+08	6,25E-02	1642
6	6 -- 7		249960	290818	3,85E+08	6,15E-02	1533
7	7 -- 8			290818	6,76E+08	6,08E-02	1472
8	8 -- 9			290818	1,48E+09	5,80E-02	1308
9	9 -- 10			290818	2,28E+09	5,44E-02	1153
10	10 -- 11			290818	3,08E+09	5,04E-02	1009
11	11 -- 12		237744	528562	3,29E+09	4,95E-02	971
12	12 -- 13			528562	4,40E+09	4,68E-02	870
13	13 -- 14			528562	5,91E+09	4,28E-02	742
14	14 -- 15			528562	7,42E+09	3,91E-02	625
15	15 -- 16		222234	750796	8,58E+09	3,62E-02	542
16	16 -- 17			750796	9,07E+09	3,54E-02	519
17	17 -- 18			750796	1,12E+10	3,16E-02	423
18	18 -- 19			750796	1,33E+10	2,77E-02	338
19	19 -- 20		63902	814698	1,42E+10	2,63E-02	307
20	20 -- 21			814698	1,56E+10	2,43E-02	264
21	21 -- 22			814698	1,79E+10	2,09E-02	200
22	22 -- 23			814698	2,02E+10	1,76E-02	145
23	23 -- 24			814698	2,26E+10	1,44E-02	99
24	24 -- 25			814698	2,49E+10	1,12E-02	63
25	25 -- 26			814698	2,72E+10	8,26E-03	35
26	26 -- 27			814698	2,95E+10	5,39E-03	15
27	27 -- 28			814698	3,18E+10	2,63E-03	4
28				814698	3,42E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,09E-02	1375
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,09E-02	1352
3	3 -- 4			21496	4,69E+07	4,06E-02	1263
4	4 -- 5			21496	1,06E+08	3,99E-02	1152
5	5 -- 6			21496	1,65E+08	3,91E-02	1044
6	6 -- 7		158060	179556	2,03E+08	3,85E-02	976
7	7 -- 8			179556	3,82E+08	3,81E-02	937
8	8 -- 9			179556	8,76E+08	3,65E-02	834
9	9 -- 10			179556	1,37E+09	3,43E-02	737
10	10 -- 11			179556	1,86E+09	3,20E-02	645
11	11 -- 12		156606	336162	2,00E+09	3,14E-02	622
12	12 -- 13			336162	2,70E+09	2,97E-02	557
13	13 -- 14			336162	3,66E+09	2,73E-02	476
14	14 -- 15			336162	4,62E+09	2,50E-02	401
15	15 -- 16		154820	490982	5,36E+09	2,32E-02	348
16	16 -- 17			490982	5,68E+09	2,26E-02	334
17	17 -- 18			490982	7,08E+09	2,02E-02	272
18	18 -- 19			490982	8,48E+09	1,78E-02	218
19	19 -- 20		41552	532534	9,04E+09	1,69E-02	198
20	20 -- 21			532534	9,95E+09	1,56E-02	170
21	21 -- 22			532534	1,15E+10	1,35E-02	129
22	22 -- 23			532534	1,30E+10	1,13E-02	93
23	23 -- 24			532534	1,45E+10	9,26E-03	64
24	24 -- 25			532534	1,60E+10	7,26E-03	40
25	25 -- 26			532534	1,75E+10	5,33E-03	22
26	26 -- 27			532534	1,91E+10	3,48E-03	10
27	27 -- 28			532534	2,06E+10	1,70E-03	2
28				532534	2,21E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,51E-02	2392
2	2 -- 3		64900	64900	0,00E+00	7,51E-02	2349
3	3 -- 4			64900	1,41E+08	7,43E-02	2186
4	4 -- 5			64900	3,20E+08	7,22E-02	1984
5	5 -- 6			64900	4,98E+08	6,97E-02	1789
6	6 -- 7		246154	311054	6,12E+08	6,81E-02	1668
7	7 -- 8			311054	9,23E+08	6,71E-02	1600
8	8 -- 9			311054	1,78E+09	6,36E-02	1420
9	9 -- 10			311054	2,63E+09	5,93E-02	1251
10	10 -- 11			311054	3,49E+09	5,48E-02	1094
11	11 -- 12		241614	552668	3,72E+09	5,38E-02	1053
12	12 -- 13			552668	4,88E+09	5,07E-02	943
13	13 -- 14			552668	6,46E+09	4,63E-02	805
14	14 -- 15			552668	8,03E+09	4,23E-02	678
15	15 -- 16		236024	788692	9,25E+09	3,92E-02	589
16	16 -- 17			788692	9,76E+09	3,83E-02	564
17	17 -- 18			788692	1,20E+10	3,42E-02	460
18	18 -- 19			788692	1,43E+10	3,01E-02	368
19	19 -- 20		120024	908716	1,52E+10	2,86E-02	335
20	20 -- 21			908716	1,67E+10	2,64E-02	288
21	21 -- 22			908716	1,93E+10	2,27E-02	218
22	22 -- 23			908716	2,19E+10	1,92E-02	158
23	23 -- 24			908716	2,45E+10	1,57E-02	108
24	24 -- 25			908716	2,71E+10	1,23E-02	68
25	25 -- 26			908716	2,97E+10	9,02E-03	38
26	26 -- 27			908716	3,22E+10	5,89E-03	17
27	27 -- 28			908716	3,48E+10	2,88E-03	4
28				908716	3,74E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,18E-02	1399
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,18E-02	1376
3	3 -- 4			23680	5,16E+07	4,16E-02	1285
4	4 -- 5			23680	1,17E+08	4,08E-02	1171
5	5 -- 6			23680	1,82E+08	3,99E-02	1060
6	6 -- 7		158668	182348	2,23E+08	3,93E-02	991
7	7 -- 8			182348	4,06E+08	3,88E-02	952
8	8 -- 9			182348	9,07E+08	3,71E-02	847
9	9 -- 10			182348	1,41E+09	3,49E-02	748
10	10 -- 11			182348	1,91E+09	3,25E-02	655
11	11 -- 12		157360	339708	2,05E+09	3,19E-02	631
12	12 -- 13			339708	2,76E+09	3,02E-02	566
13	13 -- 14			339708	3,73E+09	2,77E-02	483
14	14 -- 15			339708	4,70E+09	2,53E-02	407
15	15 -- 16		155744	495452	5,44E+09	2,35E-02	354
16	16 -- 17			495452	5,77E+09	2,30E-02	338
17	17 -- 18			495452	7,18E+09	2,05E-02	276
18	18 -- 19			495452	8,59E+09	1,81E-02	221
19	19 -- 20		46474	541926	9,16E+09	1,72E-02	201
20	20 -- 21			541926	1,01E+10	1,59E-02	173
21	21 -- 22			541926	1,16E+10	1,37E-02	131
22	22 -- 23			541926	1,32E+10	1,15E-02	95
23	23 -- 24			541926	1,47E+10	9,40E-03	65
24	24 -- 25			541926	1,63E+10	7,37E-03	41
25	25 -- 26			541926	1,78E+10	5,41E-03	23
26	26 -- 27			541926	1,93E+10	3,53E-03	10
27	27 -- 28			541926	2,09E+10	1,73E-03	2
28				541926	2,24E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,63E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,63E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,25E-04	2
4	4 -- 5				3,38E+06	9,40E-05	2
5	5 -- 6				3,38E+06	7,34E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	6,37E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	5,90E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	5,02E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	4,37E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	3,87E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	3,77E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,53E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	3,27E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	3,08E-05	1
15	15 -- 16				3,38E+06	2,96E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	2,93E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	2,80E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	2,70E-05	0
19	19 -- 20				2,25E+07	2,66E-05	0
20	20 -- 21				2,25E+07	2,35E-05	0
21	21 -- 22				2,25E+07	1,90E-05	0
22	22 -- 23				2,25E+07	1,50E-05	0
23	23 -- 24				2,25E+07	1,16E-05	0
24	24 -- 25				2,25E+07	8,69E-06	0
25	25 -- 26				2,25E+07	6,10E-06	0
26	26 -- 27				2,25E+07	3,82E-06	0
27	27 -- 28				2,25E+07	1,80E-06	0
28					2,25E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	Q_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,32	65,08	14,09
3	3 -- 4	25,94	65,82	156,77
4	4 -- 5	34,04	66,84	339,18
5	5 -- 6	43,25	67,96	524,52
6	6 -- 7	110,00	314,87	644,11
7	7 -- 8	113,88	315,32	959,21
8	8 -- 9	127,48	316,63	1828,14
9	9 -- 10	142,43	318,02	2700,78
10	10 -- 11	164,02	320,80	3577,34
11	11 -- 12	230,52	561,52	3817,11
12	12 -- 13	247,02	564,25	4997,55
13	13 -- 14	270,96	570,23	6603,66
14	14 -- 15	300,03	576,46	8214,66
15	15 -- 16	385,20	803,65	9461,70
16	16 -- 17	392,47	805,14	9984,15
17	17 -- 18	425,54	811,77	12278,14
18	18 -- 19	460,62	818,56	14577,51
19	19 -- 20	514,41	928,55	15584,38
20	20 -- 21	539,38	929,71	17163,90
21	21 -- 22	608,22	931,67	19816,38
22	22 -- 23	654,11	933,63	22474,44
23	23 -- 24	702,24	935,57	25138,05
24	24 -- 25	752,61	937,46	27807,11
25	25 -- 26	805,23	939,26	30481,43
26	26 -- 27	860,10	940,91	33160,67
27	27 -- 28	917,21	942,29	35844,23
28		1024,67	943,69	38531,76

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 867	14,09	20,32	35	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 867	156,77	25,94	132	160,9	1356,5	0,12
3	500 / 867	339,18	34,04	163	348,8	1828,2	0,19
4	500 / 867	524,52	43,25	158	541,0	2370,1	0,23
5	500 / 867	644,11	110,00	97	671,3	2751,6	0,25
6	500 / 867	959,21	113,88	55	992,6	2982,4	0,34
7	867 / 1142	1828,14	127,48	146	1880,1	4356,6	0,44
8	867 / 1142	2700,78	142,43	137	2772,2	5255,9	0,53
9	867 / 1142	3577,34	164,02	127	3669,7	6239,6	0,60
10	1142 / 1332	3817,11	230,52	33	3917,0	7889,9	0,50
11	1142 / 1332	4997,55	247,02	89	5119,4	8893,8	0,58
12	1142 / 1332	6603,66	270,96	112	6755,9	10352,4	0,66
13	1332/ 1712	8214,66	300,03	102	8397,7	13461,7	0,63
14	1332/ 1712	9461,70	385,20	73	9672,7	14919,8	0,66
15	1332/ 1712	9984,15	392,47	20	10203,1	15365,0	0,67
16	1332/ 1712	12278,14	425,54	84	12532,8	17394,0	0,73
17	1332/ 1712	14577,51	460,62	74	14866,4	19549,0	0,77
18	1750/ 2567	15584,38	514,41	27	15887,3	22790,6	0,71
19	1750/ 2567	17163,90	539,38	38	17487,3	24327,3	0,73
20	1750/ 2567	19816,38	608,22	57	20174,3	27016,0	0,76
21	1750/ 2567	22474,44	654,11	48	22864,1	29845,7	0,78
22	1750/ 2567	25138,05	702,24	40	25556,0	32816,4	0,79
23	1750/ 2567	27807,11	752,61	32	28249,4	35928,0	0,80
24	1750/ 2567	30481,43	805,23	25	30943,6	39180,6	0,80
25	1750/ 2567	33160,67	860,10	17	33637,7	42574,2	0,80
26	1750/ 2567	35844,23	917,21	10	36330,6	46108,7	0,80
27	1750/ 2567	38531,76	1024,67	3	39021,6	49784,2	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	15,0	34,60	0,81	355	355
592	15,0	39,45	0,81	355	355
683	15,0	45,56	0,81	355	355
775	15,0	51,67	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
867	15,0	57,78	0,81	355	355
958	18,0	53,24	0,81	355	355
1050	18,0	58,34	0,81	355	355
1142	18,0	63,43	0,81	340	355
1167	22,0	53,04	0,81	355	355
1237	22,0	56,22	0,81	355	355
1332	22,0	60,54	0,81	351	355
1427	25,0	57,07	0,81	355	355
1500	25,0	60,01	0,81	353	355
1522	25,0	60,87	0,81	350	355
1617	25,0	64,67	0,81	335	355
1712	25,0	68,47	0,81	323	355
1750	28,0	62,51	0,81	343	355
1807	28,0	64,53	0,81	336	355
1902	28,0	67,92	0,81	324	355
1997	28,0	71,32	0,81	314	355
2092	28,0	74,71	0,81	305	355
2187	28,0	78,10	0,81	296	355
2282	28,0	81,50	0,81	288	355
2377	28,0	84,89	0,81	281	355
2472	28,0	88,29	0,81	274	355
2567	28,0	91,68	0,81	268	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 867	5,29	0,87	355	355	0,02
2	500 / 867	48,04	1,02	355	355	0,14
3	500 / 867	78,20	1,16	355	355	0,22
4	500 / 867	91,88	1,29	355	355	0,26
5	500 / 867	93,19	2,96	355	355	0,27
6	500 / 867	122,96	2,89	355	355	0,35
7	867 / 1142	169,46	2,52	355	355	0,48
8	867 / 1142	205,21	2,55	355	355	0,59
9	867 / 1142	227,07	2,69	355	340	0,65
10	1142 / 1332	180,19	2,95	355	355	0,52
11	1142 / 1332	216,76	3,03	355	355	0,62
12	1142 / 1332	249,59	3,11	355	351	0,71
13	1332/ 1712	237,40	2,82	355	355	0,68
14	1332/ 1712	242,13	3,41	355	353	0,69
15	1332/ 1712	239,22	3,36	355	350	0,68
16	1332/ 1712	271,89	3,51	355	335	0,78
17	1332/ 1712	285,96	3,58	355	323	0,82
18	1750/ 2567	253,12	3,43	355	343	0,72
19	1750/ 2567	263,58	3,50	355	336	0,75
20	1750/ 2567	279,17	3,79	355	324	0,80
21	1750/ 2567	285,67	3,87	355	314	0,82
22	1750/ 2567	289,73	3,96	355	305	0,83
23	1750/ 2567	291,91	4,05	355	296	0,84
24	1750/ 2567	292,65	4,15	355	288	0,84
25	1750/ 2567	292,25	4,25	355	281	0,84
26	1750/ 2567	290,98	4,35	355	274	0,84
27	1750/ 2567	289,03	4,68	355	268	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a \ / \ I_p \ - \ N_{Ed} \ / \ n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

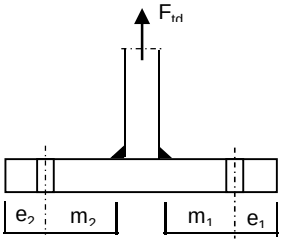
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

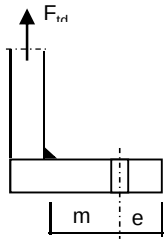
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

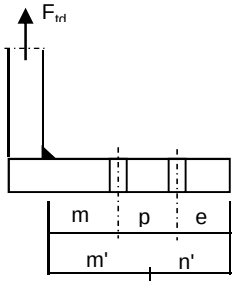
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = max. (m_1;m_2)$
$e = max. (e_1;e_2)$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	621,66	9,83	28	M 48 - 8,8	848,4	0,73
flenzen op 19,95 m hoogte.							
st.c buitenkant		1698,00					
st.c binnenkant		1500,00					
	80	647,90	11,65	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,61
flenzen op 42,75 m hoogte.							
st.c buitenkant		955,00					
955,00	24	617,48	13,37	10	M 48 - 10,9	1060,6	0,58

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2	m	e	n	m'	n'	l_{ef}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
voetplaat							
2927,00	2151,00	173,2	125,0	125,0			140,8
2927,00	2151,00	173,2	126,5	126,5			191,6
flenzen op 19,95 m hoogte.							
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
flenzen op 42,75 m hoogte.							
955,00	955,0	64,6	57,5	57,5			125,0
955,00	955,0	68,6	57,5	57,5			125,0

flens dikte	$M_{pl;d}$	bezwijk-	bezwijk-	bezwijk-	maatgev.	$F_{t,Ed}$	toetsing-
mm	Nmm	vorm 1	vorm 2	vorm 3	$F_{t,Rd}$	kN	regel
voetplaat							
100	1,18E+08	2722,80	1502,03	1696,90	1502,03	1243,32	0,83
100	1,60E+08	3705,09	1786,85	1696,90	1696,90	1243,32	0,73
flenzen op 19,95 m hoogte.							
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,80	0,89
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,80	0,89
flenzen op 42,75 m hoogte.							
60	3,77E+07	1166,94	808,15	1060,56	808,15	617,48	0,76
60	3,77E+07	1098,89	782,51	1060,56	782,51	617,48	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2567	0,79	1,534	0,18	6,72

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	817	1,000		1,000			
2	804	0,984	1 -- 2	0,992	113	411	919,0
3	754	0,923	2 -- 3	0,954	468		214,9
4	692	0,847	3 -- 4	0,885	675		245,3
5	631	0,772	4 -- 5	0,810	768		279,2
6	593	0,726	5 -- 6	0,749	537	2969	2003,7
7	571	0,700	6 -- 7	0,713	324		323,9
8	514	0,629	7 -- 8	0,664	1133		412,1
9	459	0,562	8 -- 9	0,595	1245		452,8
10	407	0,498	9 -- 10	0,530	1357	442	654,4
11	393	0,481	10 -- 11	0,489	472	3014	4647,7
12	356	0,435	11 -- 12	0,458	1376		655,1
13	308	0,377	12 -- 13	0,406	1995		699,9
14	263	0,322	13 -- 14	0,350	2422		850,0
15	231	0,283	14 -- 15	0,303	1984	3058	2292,0
16	222	0,272	15 -- 16	0,277	605		931,2
17	184	0,225	16 -- 17	0,249	2756		967,1
18	150	0,183	17 -- 18	0,204	2923		1025,7
19	137	0,168	18 -- 19	0,175	1370	769	1860,0
20	119	0,146	19 -- 20	0,157	2080		1223,8
21	91	0,112	20 -- 21	0,129	3637	2100	2012,9
22	67	0,083	21 -- 22	0,097	3824		1341,8
23	47	0,058	22 -- 23	0,070	4011		1407,4
24	30	0,037	23 -- 24	0,047	4198		1473,0
25	17	0,021	24 -- 25	0,029	4385		1538,6
26	8	0,009	25 -- 26	0,015	4572		1604,2
27	2	0,002	26 -- 27	0,006	4759		1669,8
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4946	4009	3142,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,51	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,04	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,56	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,48	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,74	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,52	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,20	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,45	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	505,08	1,46
10 -- 11	4648	0,489	0,750	0,18	835,10	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,92	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	329,09	1,16
13 -- 14	850	0,350	2,850	0,35	296,15	1,00
14 -- 15	2292	0,303	2,200	0,20	461,94	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,58	0,18
16 -- 17	967	0,249	2,850	0,18	170,35	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	122,07	0,58
18 -- 19	1860	0,175	1,150	0,04	65,84	0,20
19 -- 20	1224	0,157	1,700	0,04	51,00	0,27
20 -- 21	2013	0,129	2,850	0,05	95,09	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	36,16	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,68	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,37	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,66	0,08
25 -- 26	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
26 -- 27	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
27 -- 28	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8384,80	21,46

m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2567	639,4	0,030	1,25	1,534	13,1

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,1

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,46 / (4 * π * 13,11) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,534 * 6,72 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,20 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,02 / 21,46 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,077 * 0,130 * 0,37 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,534 * 0,023 = 0,035 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		134278	134278	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			134278	7,65E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			134278	3,69E+08	4,8E-02	863
4	4 -- 5			134278	7,39E+08	4,3E-02	737
5	5 -- 6			134278	1,11E+09	3,7E-02	626
6	6 -- 7			134278	1,34E+09	3,4E-02	564
7	7 -- 8			134278	1,48E+09	3,2E-02	531
8	8 -- 9			134278	1,85E+09	2,8E-02	449
9	9 -- 10			134278	2,22E+09	2,4E-02	379
10	10 -- 11			134278	2,58E+09	2,0E-02	319
11	11 -- 12			134278	2,69E+09	1,9E-02	304
12	12 -- 13			134278	2,97E+09	1,7E-02	265
13	13 -- 14			134278	3,35E+09	1,5E-02	219
14	14 -- 15			134278	3,73E+09	1,3E-02	180
15	15 -- 16			134278	4,03E+09	1,1E-02	153
16	16 -- 17			134278	4,12E+09	1,1E-02	146
17	17 -- 18			134278	4,50E+09	9,5E-03	116
18	18 -- 19			134278	4,88E+09	8,0E-03	91
19	19 -- 20			134278	5,04E+09	7,5E-03	82
20	20 -- 21			134278	5,26E+09	6,8E-03	70
21	21 -- 22			134278	5,65E+09	5,7E-03	52
22	22 -- 23			134278	6,03E+09	4,7E-03	37
23	23 -- 24			134278	6,41E+09	3,8E-03	25
24	24 -- 25			134278	6,79E+09	2,9E-03	16
25	25 -- 26			134278	7,18E+09	2,1E-03	9
26	26 -- 27			134278	7,56E+09	1,3E-03	4
27	27 -- 28			134278	7,94E+09	6,5E-04	1
28	28 -- 29			134278	8,33E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	15,0	2908675	26	0,0353	1,9
2	592	15,0	3821157	97	0,0353	6,8
3	683	15,0	5149742	143	0,0353	10,1
4	775	15,0	6676372	166	0,0353	11,7
5	833	15,0	7750979	173	0,0353	12,2
6	867	15,0	8401049	176	0,0353	12,4
7	958	18,0	12272111	150	0,0353	10,6
8	1050	18,0	14805380	150	0,0353	10,6
9	1142	18,0	17576306	147	0,0353	10,4
10	1167	22,0	22225196	121	0,0353	8,5
11	1237	22,0	25052979	118	0,0353	8,4
12	1332	22,0	29161614	115	0,0353	8,1
13	1427	25,0	37920420	98	0,0353	6,9
14	1500	25,0	42027656	96	0,0353	6,8
15	1522	25,0	43281586	95	0,0353	6,7
16	1617	25,0	48997274	92	0,0353	6,5
17	1712	25,0	55067484	89	0,0353	6,3
18	1750	28,0	64198753	78	0,0353	5,5
19	1807	28,0	68527498	77	0,0353	5,4
20	1902	28,0	76101468	74	0,0353	5,2
21	1997	28,0	84072503	72	0,0353	5,1
22	2092	28,0	92440605	69	0,0353	4,9
23	2187	28,0	101205773	67	0,0353	4,7
24	2282	28,0	110368007	65	0,0353	4,6
25	2377	28,0	119927309	63	0,0353	4,4
26	2472	28,0	129883677	61	0,0353	4,3
27	2567	28,0	140237112	59	0,0353	4,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,79 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,72 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 57,3995 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,18

$V_m(z)$ = 32,0 m/s

V_o = 32,0 * 20 / 100 = 6,40 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,79 * [6,72 / 6,40]^2 * \exp[-(6,72 / 6,40)^2]$ = 2,77E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

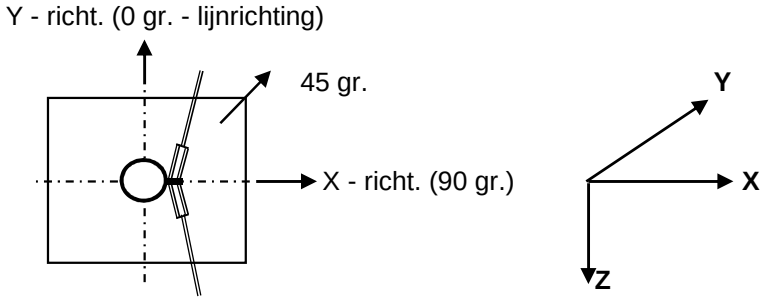
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ =	$\Delta\sigma_k$	0,55 $\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	8,18	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
4	Lasnaad	12,15	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
5	Lasnaad	14,05	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
7	Lasnaad	14,89	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
8	Lasnaad	12,74	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
9	Lasnaad	12,67	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
10	flenzen	12,46	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
12	Lasnaad	10,03	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
13	Lasnaad	9,73	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
14	Lasnaad	8,34	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
16	Lasnaad	8,05	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
17	Lasnaad	7,78	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
18	Lasnaad	7,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
20	Lasnaad	6,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
21	flenzen	6,28	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
22	Lasnaad	6,07	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
23	Lasnaad	5,87	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
24	Lasnaad	5,69	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
25	Lasnaad	5,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
26	Lasnaad	5,34	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
27	Lasnaad	5,18	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
28	voetplaat	5,03	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			793			
2 - Windbelasting mast	124				3599	
3 - Belasting geval 1a	815		116		34193	
4 - Belasting geval 1b	533		116		22112	
5 - Belasting geval 3	909		232		37520	
6 - Belasting geval 4	542		139		22467	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	939		909		37792	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	556		908		22787	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	944		**1025**		**38532**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	565		931		23142	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	31611	kNm	38532	kNm	38532	kNm
Dwarskracht	790	kN	944	kN	944	kN
Verticale kracht	757	kN	1025	kN	681	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	621,66	9,83	28	M 48 - 8,8	848,45	0,73
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	510,88	8,23	28	M 48 - 8,8	848,45	0,60

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 621,7 kN

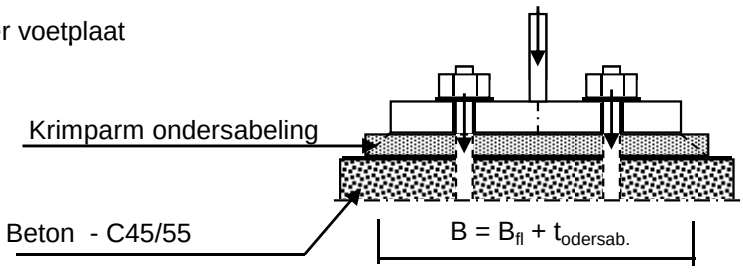
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 510,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 643,0 + 1,00 * 510,9 = 1153,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

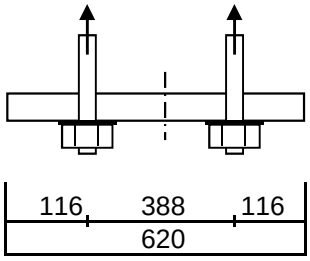
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2539	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 113000 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

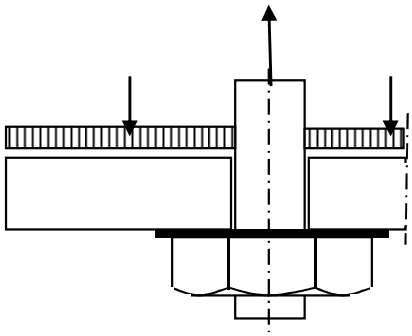


D = 2539 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 620 * 2*π*D / n = 103030 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 116 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 81190 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2341 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 145896 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 145896 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2341 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) * 1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 145896 / 179718,8 = 0,81 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 288,2 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2341 / 9223 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 52,0 N/mm^2

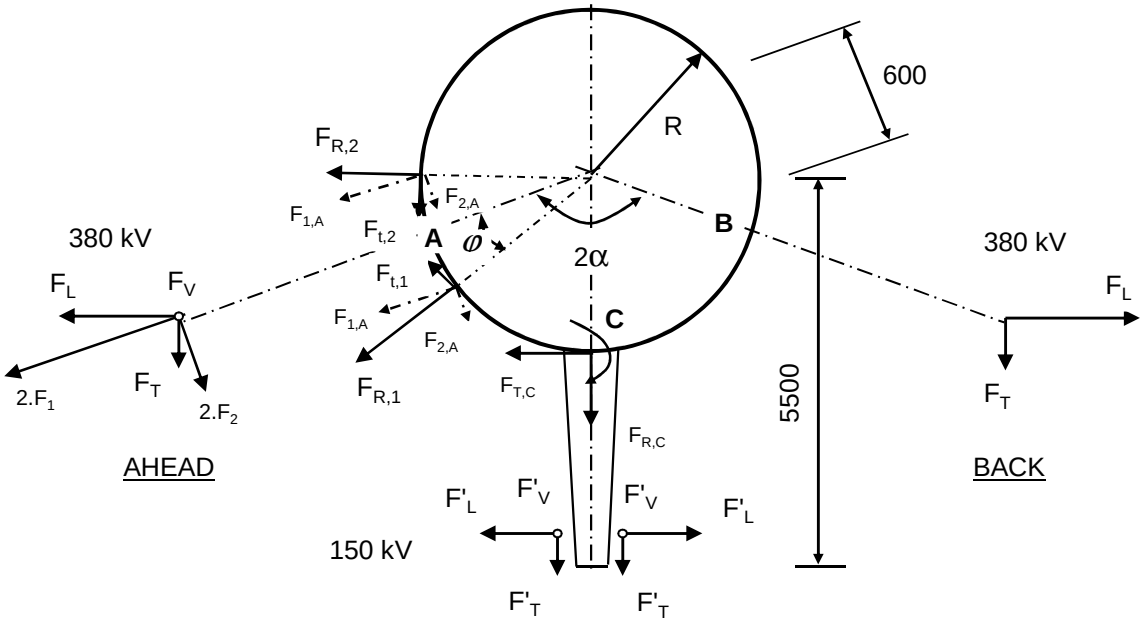
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (288,2^2 + 3*52,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 302 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

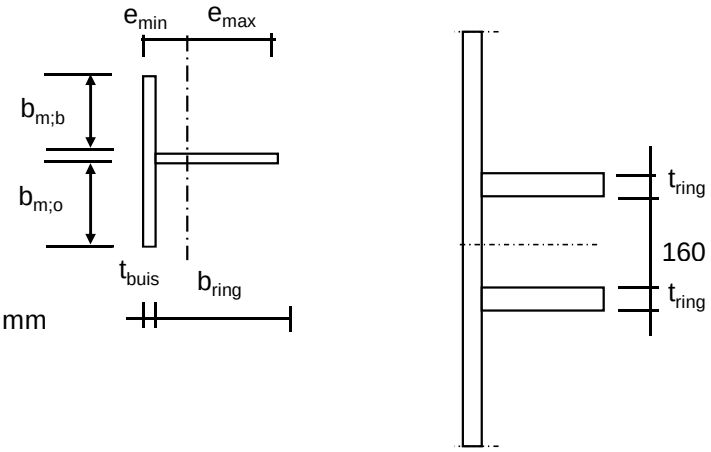
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

Opmerking:
In mast W2H400+5 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 52,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	15	mm
$t_{buis;reken}$ =	15	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	158,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	6573	mm^2
e_{min} =	38,3	mm
e_{max} =	111,7	mm
I =	13121674	mm^4
W_{min} =	117483	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y;Rd}$ =	28	kNm
$M_{w;Rd}$ =	3669	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 52,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix N en N1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,7 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden
	Lijnhoek = 2. α =	180	graden maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) =	37,2	graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,8	22,1	59,8	22,1		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,2	27,1	64,2	27,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,0	16,8	62,3	22,8		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,6	27,5	65,0	27,2		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	18,0	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,3	20,6	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,4	16,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,6	20,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

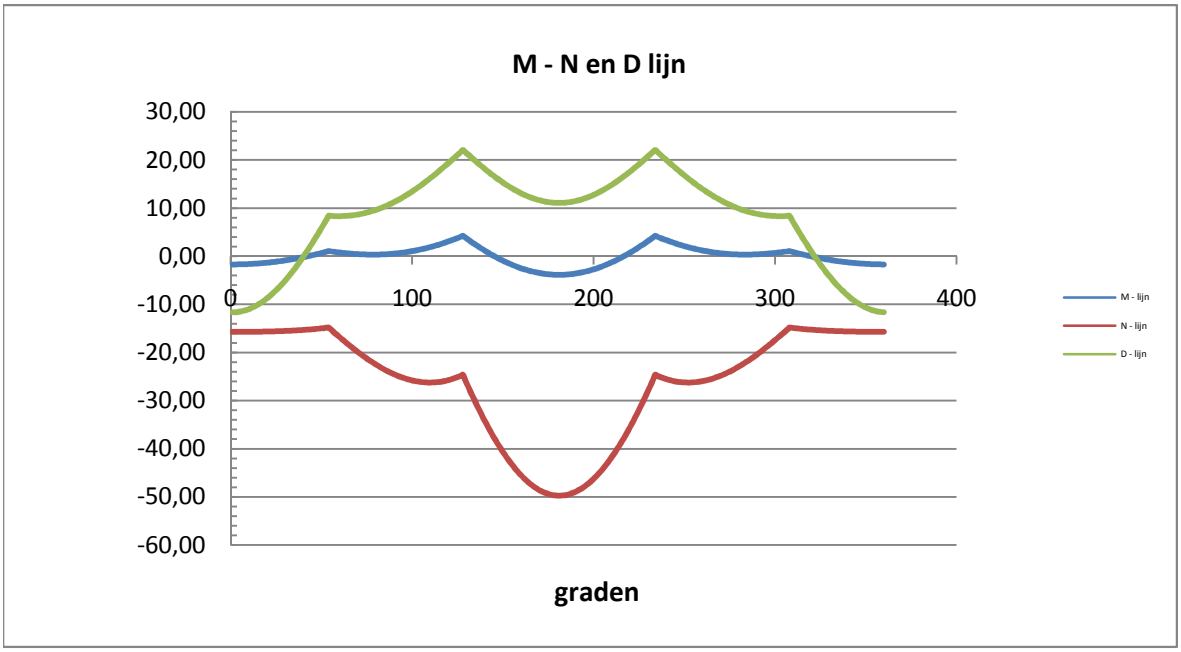
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,69	-15,68	-11,64	0,22	3,11
15,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,67	9,31
30,0	-0,80	-15,47	-4,62	1,11	15,44
45,0	0,31	-15,10	3,34	0,42	5,83
60,0	0,73	-17,09	8,32	0,38	5,22
75,0	0,36	-21,48	9,16	0,24	3,27
90,0	0,59	-24,66	11,42	0,94	12,99
105,0	1,53	-26,16	15,04	1,68	23,30
120,0	3,21	-25,62	19,68	1,07	14,82
135,0	2,14	-31,17	19,40	3,22	44,76
150,0	-1,08	-41,21	15,05	2,05	28,53
165,0	-3,14	-47,58	12,11	0,71	9,80
180,0	-3,84	-49,77	11,08	0,71	9,80
195,0	-3,14	-47,58	12,11	2,05	28,53
210,0	-1,08	-41,21	15,05	3,22	44,76
225,0	2,14	-31,17	19,40	1,07	14,82
240,0	3,21	-25,62	19,68	1,68	23,30
255,0	1,53	-26,16	15,04	0,94	12,99
270,0	0,59	-24,66	11,42	0,24	3,27
285,0	0,36	-21,48	9,16	0,38	5,22
300,0	0,73	-17,09	8,32	0,42	5,83
315,0	0,31	-15,10	3,34	1,11	15,44
330,0	-0,80	-15,47	-4,62	0,67	9,31
345,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,22	3,10
360,0	-1,69	-15,68	-11,63	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

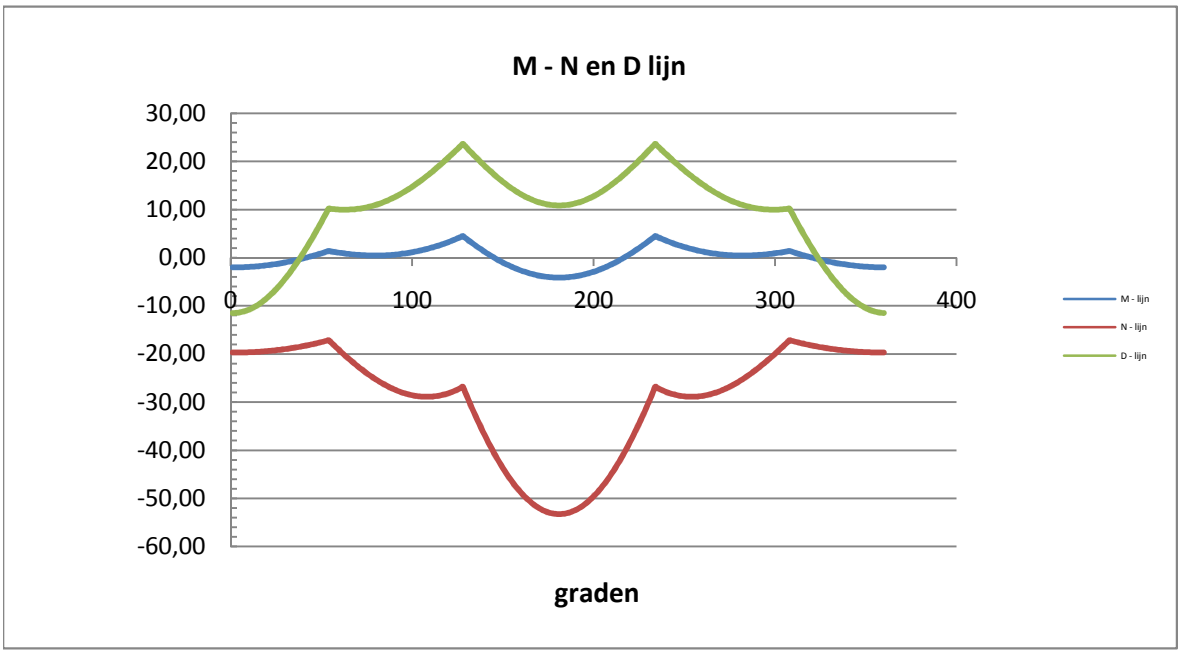
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



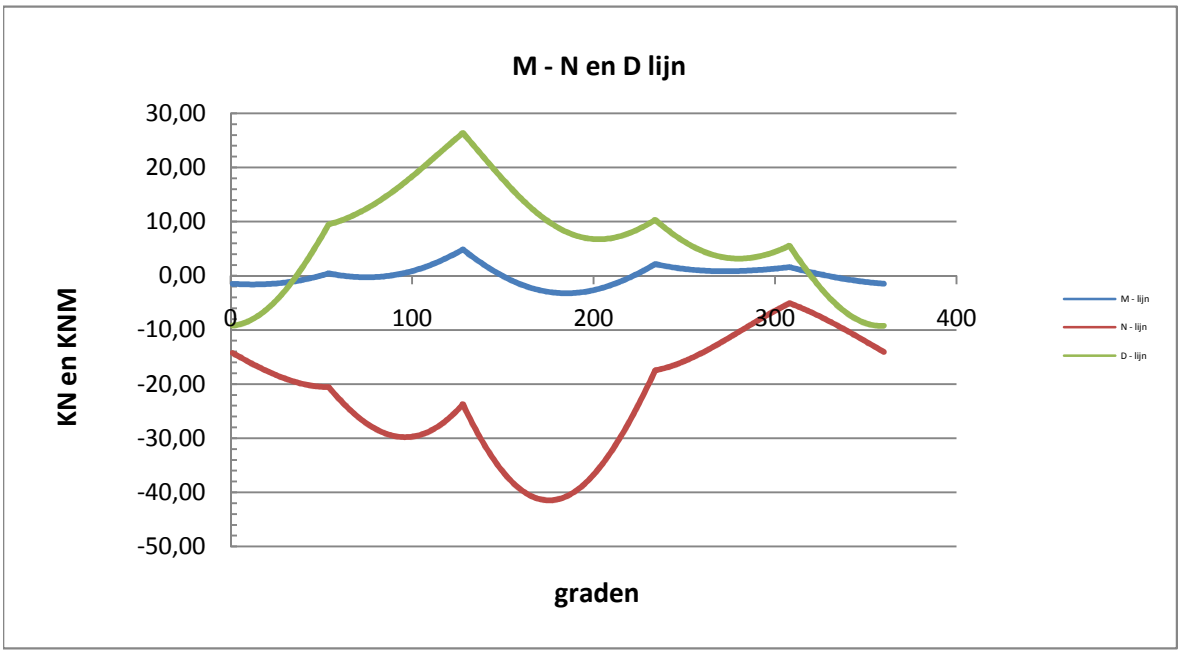
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-2,02	-19,67	-11,49	0,28	3,90
15,0	-1,74	-19,49	-9,53	0,84	11,61
30,0	-0,91	-18,90	-3,88	1,37	19,10
45,0	0,47	-17,87	4,76	0,51	7,08
60,0	0,98	-19,59	10,01	0,50	6,98
75,0	0,48	-24,23	10,58	0,19	2,59
90,0	0,66	-27,47	12,72	0,97	13,42
105,0	1,63	-28,84	16,37	1,78	24,79
120,0	3,41	-27,99	21,19	1,15	15,93
135,0	2,27	-33,69	20,58	3,45	47,97
150,0	-1,19	-44,24	15,49	2,20	30,54
165,0	-3,39	-50,94	12,08	0,75	10,48
180,0	-4,14	-53,24	10,87	0,75	10,48
195,0	-3,39	-50,94	12,08	2,20	30,54
210,0	-1,19	-44,24	15,49	3,45	47,97
225,0	2,27	-33,69	20,58	1,15	15,93
240,0	3,41	-27,99	21,19	1,78	24,79
255,0	1,63	-28,84	16,37	0,97	13,42
270,0	0,66	-27,47	12,72	0,19	2,59
285,0	0,48	-24,23	10,58	0,50	6,98
300,0	0,98	-19,59	10,01	0,51	7,08
315,0	0,47	-17,87	4,76	1,37	19,10
330,0	-0,91	-18,90	-3,88	0,84	11,61
345,0	-1,74	-19,49	-9,53	0,28	3,88
360,0	-2,02	-19,67	-11,49	0,00	0,02



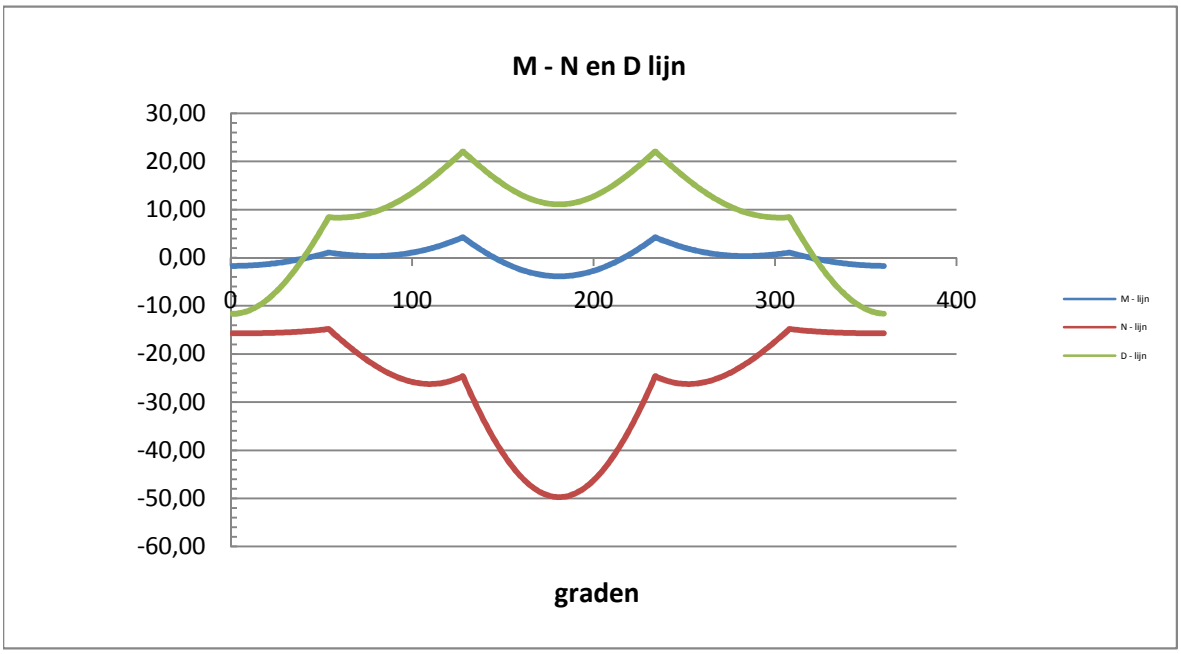
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,49	-14,25	-9,23	0,11	1,46
15,0	-1,60	-16,95	-7,22	0,38	5,24
30,0	-1,22	-19,11	-2,33	0,92	12,79
45,0	-0,30	-20,37	4,91	0,34	4,75
60,0	0,04	-23,18	10,21	0,32	4,48
75,0	-0,28	-27,52	12,59	0,46	6,36
90,0	0,18	-29,65	15,94	1,30	18,04
105,0	1,48	-29,23	20,00	2,13	29,54
120,0	3,60	-26,09	24,36	0,75	10,40
135,0	2,85	-29,00	23,22	3,09	42,96
150,0	-0,24	-36,59	17,43	2,06	28,56
165,0	-2,30	-40,75	12,39	0,90	12,52
180,0	-3,20	-41,25	8,76	0,27	3,72
195,0	-2,93	-38,15	6,93	1,35	18,75
210,0	-1,58	-31,85	7,00	2,25	31,30
225,0	0,67	-22,97	8,79	1,02	14,22
240,0	1,70	-16,87	8,38	0,65	8,96
255,0	1,05	-14,86	5,17	0,22	3,09
270,0	0,83	-12,16	3,43	0,12	1,73
285,0	0,96	-9,17	3,26	0,39	5,37
300,0	1,34	-6,27	4,53	0,41	5,64
315,0	0,94	-6,14	1,65	1,08	15,02
330,0	-0,15	-8,56	-4,41	0,84	11,61
345,0	-0,98	-11,35	-8,23	0,49	6,80
360,0	-1,47	-14,05	-9,26	0,02	0,31



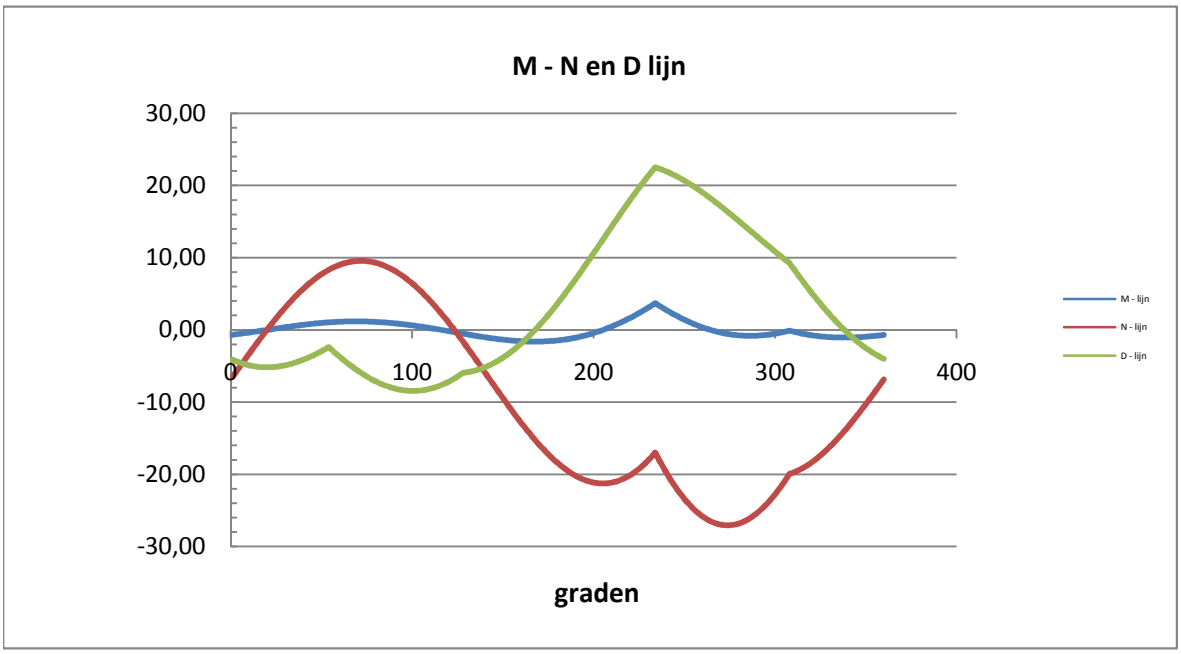
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,69	-15,68	-11,64	0,22	3,11
15,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,67	9,31
30,0	-0,80	-15,47	-4,62	1,11	15,44
45,0	0,31	-15,10	3,34	0,42	5,83
60,0	0,73	-17,09	8,32	0,38	5,22
75,0	0,36	-21,48	9,16	0,24	3,27
90,0	0,59	-24,66	11,42	0,94	12,99
105,0	1,53	-26,16	15,04	1,68	23,30
120,0	3,21	-25,62	19,68	1,07	14,82
135,0	2,14	-31,17	19,40	3,22	44,76
150,0	-1,08	-41,21	15,05	2,05	28,53
165,0	-3,14	-47,58	12,11	0,71	9,80
180,0	-3,84	-49,77	11,08	0,71	9,80
195,0	-3,14	-47,58	12,11	2,05	28,53
210,0	-1,08	-41,21	15,05	3,22	44,76
225,0	2,14	-31,17	19,40	1,07	14,82
240,0	3,21	-25,62	19,68	1,68	23,30
255,0	1,53	-26,16	15,04	0,94	12,99
270,0	0,59	-24,66	11,42	0,24	3,27
285,0	0,36	-21,48	9,16	0,38	5,22
300,0	0,73	-17,09	8,32	0,42	5,83
315,0	0,31	-15,10	3,34	1,11	15,44
330,0	-0,80	-15,47	-4,62	0,67	9,31
345,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,22	3,10
360,0	-1,69	-15,68	-11,63	0,00	0,01



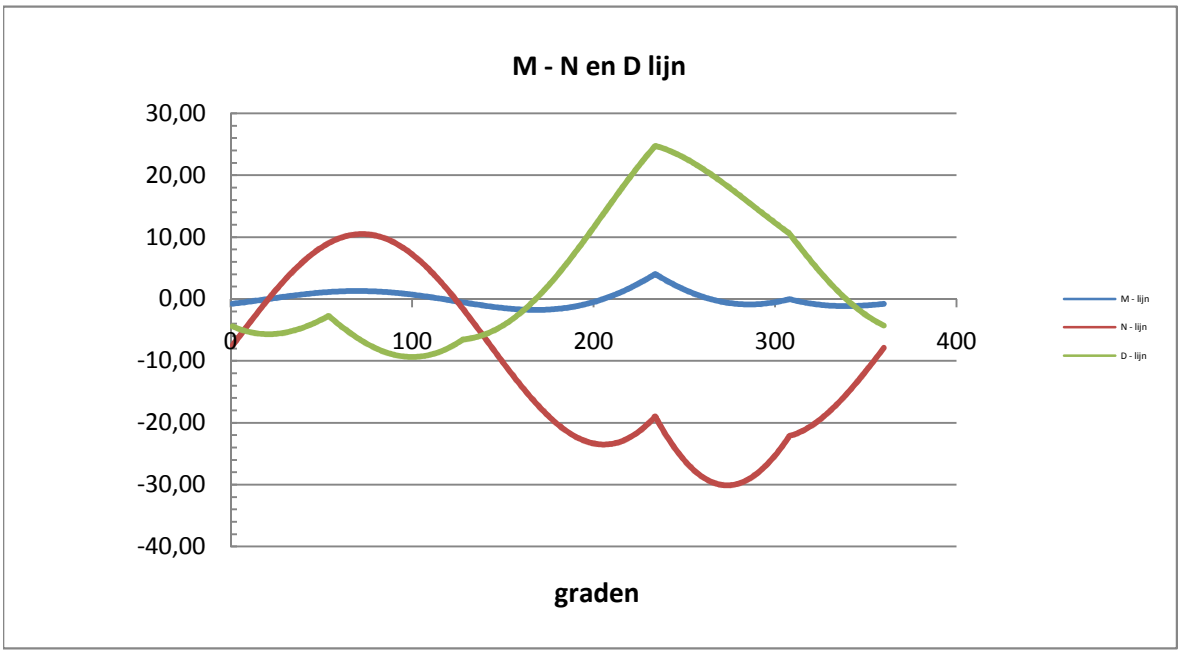
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,68	-6,51	-4,14	0,52	7,21
15,0	-0,16	-1,30	-5,15	0,56	7,74
30,0	0,40	3,38	-4,86	0,46	6,44
45,0	0,86	6,99	-3,48	0,27	3,72
60,0	1,13	9,11	-3,93	0,01	0,16
75,0	1,14	9,50	-6,61	0,26	3,55
90,0	0,88	8,10	-8,17	0,48	6,71
105,0	0,40	5,07	-8,36	0,62	8,67
120,0	-0,22	0,73	-7,07	0,64	8,94
135,0	-0,87	-4,41	-5,55	0,52	7,18
150,0	-1,38	-9,78	-3,69	0,24	3,31
165,0	-1,62	-14,72	-0,47	0,18	2,49
180,0	-1,44	-18,60	3,92	0,71	9,81
195,0	-0,74	-20,87	9,13	1,30	18,02
210,0	0,56	-21,10	14,67	1,89	26,32
225,0	2,46	-19,04	19,98	0,16	2,17
240,0	2,61	-20,15	21,84	1,87	26,03
255,0	0,74	-25,00	19,73	1,17	16,21
270,0	-0,43	-27,02	16,94	0,40	5,58
285,0	-0,83	-26,11	13,81	0,34	4,68
300,0	-0,49	-22,47	10,65	0,07	1,02
315,0	-0,57	-19,04	6,50	0,45	6,25
330,0	-1,02	-16,00	1,88	0,00	0,05
345,0	-1,01	-11,62	-1,75	0,30	4,22
360,0	-0,71	-6,86	-4,02	0,03	0,41



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,77	-7,50	-4,43	0,56	7,81
15,0	-0,21	-1,73	-5,63	0,61	8,51
30,0	0,40	3,48	-5,38	0,52	7,17
45,0	0,92	7,53	-3,91	0,31	4,24
60,0	1,23	9,95	-4,44	0,03	0,36
75,0	1,25	10,46	-7,39	0,27	3,72
90,0	0,98	9,00	-9,09	0,52	7,23
105,0	0,46	5,73	-9,26	0,68	9,46
120,0	-0,22	1,00	-7,79	0,71	9,82
135,0	-0,93	-4,66	-6,13	0,57	7,97
150,0	-1,50	-10,59	-4,13	0,27	3,78
165,0	-1,77	-16,08	-0,62	0,18	2,56
180,0	-1,59	-20,42	4,19	0,76	10,60
195,0	-0,82	-23,00	9,92	1,41	19,65
210,0	0,59	-23,35	16,04	2,08	28,83
225,0	2,67	-21,17	21,92	0,17	2,39
240,0	2,84	-22,45	24,04	2,05	28,48
255,0	0,79	-27,82	21,80	1,26	17,55
270,0	-0,48	-30,04	18,83	0,41	5,74
285,0	-0,89	-29,01	15,48	0,41	5,67
300,0	-0,48	-24,93	12,08	0,08	1,16
315,0	-0,56	-21,17	7,52	0,53	7,38
330,0	-1,10	-17,89	2,37	0,02	0,34
345,0	-1,12	-13,12	-1,72	0,32	4,40
360,0	-0,80	-7,88	-4,29	0,03	0,44



Maatgevende belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	41,5	kN	N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	4,86	kNm	M_{Rd} =	28	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	20,8	kNm	M_{Rd} =	3669	kNm
$V_{Ed;max}$ =	26,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 41,49 / 1555 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 4,86 / 27,8 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 41,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 26,34 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 23,71

V_{Ed} = 26,34

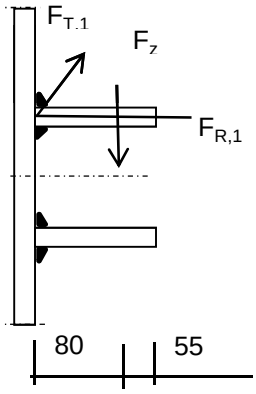
$\sigma_b + \sigma_N$ = 41,3 + 3,6 = 44,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 9,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 48 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	64,23	kN	
$F_{T,1,h}$ =	59,12	kN	
F_z =	14,69	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	47,97	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,4 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 36,95 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 29,98 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,90 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 186,3 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	186,3	/	302,2	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	72,9	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

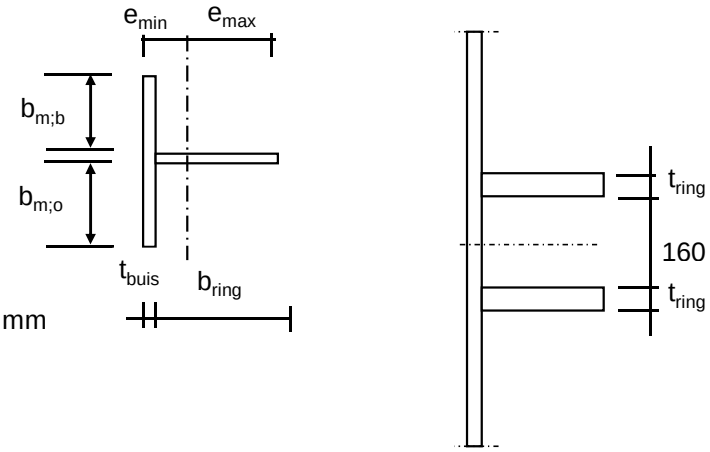
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 22 mm
$t_{buis;reken}$ = 22 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 232,0 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 10004 mm^2
e_{min} = 32,2 mm
e_{max} = 124,8 mm

I = 16542576 mm^4
W_{min} = 132539 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2367 kN
$M_{y;Rd}$ = 31 kNm
$M_{w;Rd}$ = 10520 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 42,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,4 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden

Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 26,9 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	60,2	36,4	60,2	36,4		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	42,0	64,9	42,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	25,3	62,6	37,7		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,4	40,8	65,6	42,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,2	28,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,7	32,1	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,9	25,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,2	30,3	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

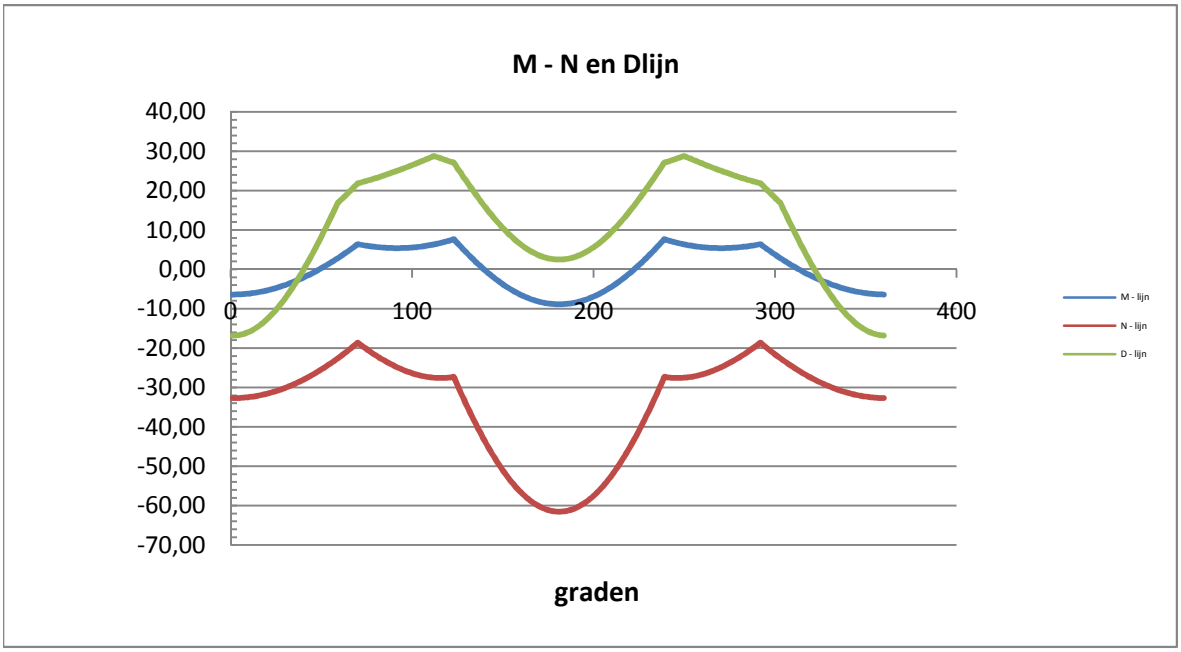
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-6,40	-32,70	-16,79	0,65	7,18
15,0	-5,75	-32,00	-14,18	1,93	21,22
30,0	-3,82	-29,93	-6,68	3,12	34,36
45,0	-0,70	-26,53	4,79	4,18	46,00
60,0	3,47	-21,92	17,73	2,49	27,38
75,0	5,96	-20,63	22,61	0,53	5,83
90,0	5,43	-24,71	24,90	0,45	5,00
105,0	5,88	-27,12	27,61	1,53	16,87
120,0	7,41	-27,46	27,38	5,89	64,89
135,0	1,52	-40,10	18,44	5,62	61,90
150,0	-4,09	-51,68	10,04	3,57	39,28
165,0	-7,66	-59,02	4,47	1,22	13,46
180,0	-8,88	-61,54	2,52	1,22	13,46
195,0	-7,66	-59,02	4,47	3,57	39,28
210,0	-4,09	-51,68	10,04	5,62	61,90
225,0	1,52	-40,10	18,44	5,89	64,89
240,0	7,41	-27,46	27,38	1,53	16,87
255,0	5,88	-27,12	27,61	0,45	5,00
270,0	5,43	-24,71	24,90	0,53	5,83
285,0	5,96	-20,63	22,61	2,49	27,38
300,0	3,47	-21,92	17,73	4,18	46,00
315,0	-0,70	-26,53	4,79	3,12	34,36
330,0	-3,82	-29,93	-6,68	1,93	21,22
345,0	-5,75	-32,00	-14,18	0,65	7,14
360,0	-6,40	-32,70	-16,77	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250 \ mm^3$

$I = 16542576 \ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	61,5	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,88	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	26,3	kNm	M_{Rd} =	10520	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,8	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 61,54 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,88 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 67,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,77 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 61,54

V_{Ed} = 2,52

$\sigma_b + \sigma_N$ = 67,0 + 6,2 = 73,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

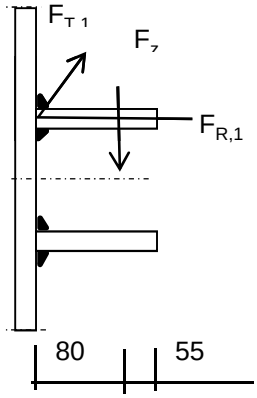
τ_z = 0,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 73 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,86	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,61	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	64,89	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 31,01 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 40,56 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,18 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 191,8 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 191,8 / 302,2 = 0,63 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,2 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

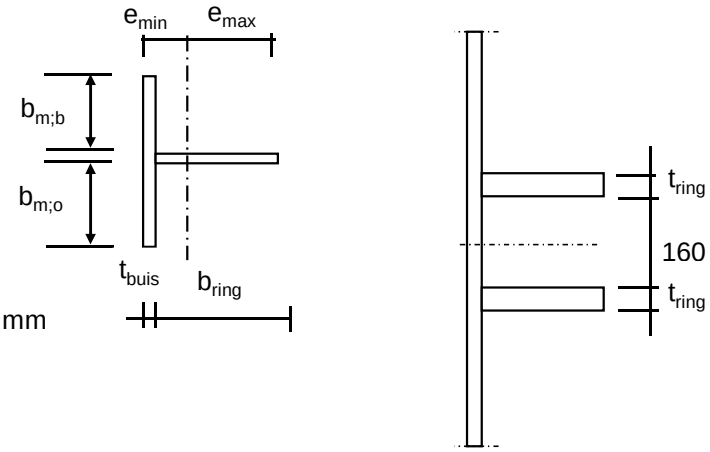
9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 25 mm
$t_{buis;reken}$ = 25 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 263,6 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 11790 mm^2
e_{min} = 30,8 mm
e_{max} = 129,2 mm

I = 17896923 mm^4
W_{min} = 138543 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2790 kN
$M_{y;Rd}$ = 33 kNm
$M_{w;Rd}$ = 19893 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 32,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 750,1 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden

hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) = 21,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,2	36,6	59,2	36,6		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,5	42,3	64,5	42,3		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	25,4	61,6	38,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,7	41,0	65,2	42,6		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	28,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,5	32,3	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,1	25,4	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,3	30,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

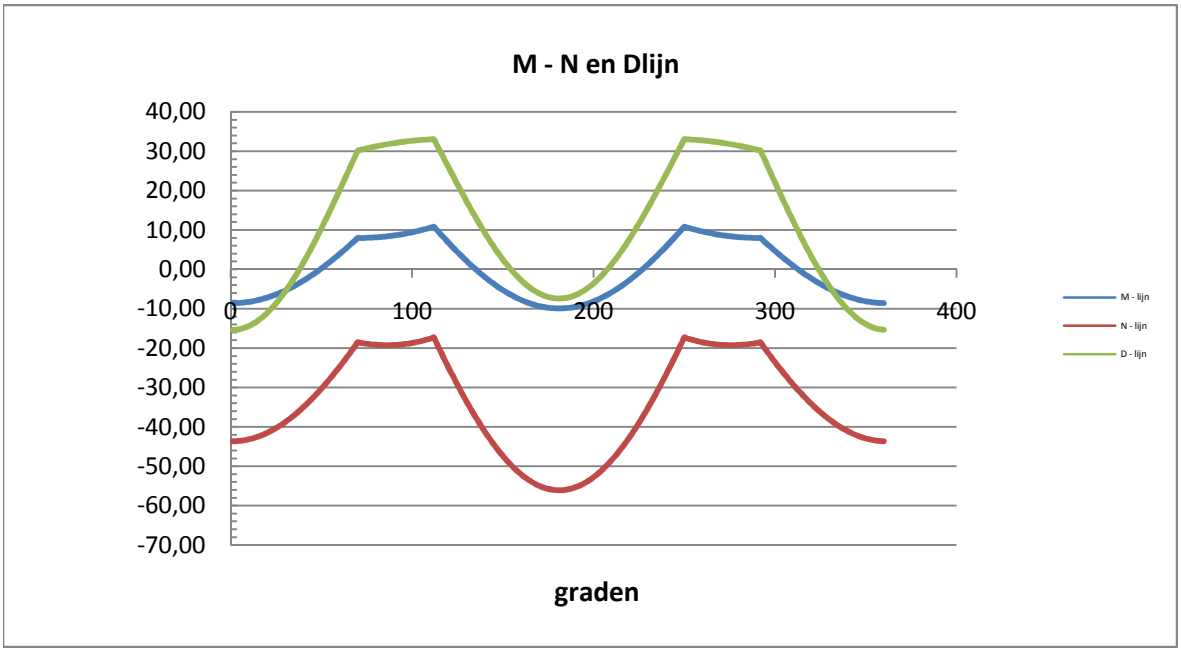
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-8,58	-43,63	-15,39	0,87	8,84
15,0	-7,71	-42,32	-12,71	2,55	25,98
30,0	-5,16	-38,45	-5,02	4,08	41,56
45,0	-1,08	-32,26	6,75	5,36	54,63
60,0	4,29	-24,12	21,09	3,75	38,14
75,0	8,03	-18,92	30,83	0,64	6,50
90,0	8,67	-19,14	32,13	1,40	14,25
105,0	10,07	-18,05	32,89	3,77	38,41
120,0	6,30	-25,74	25,08	6,68	68,06
135,0	-0,39	-38,25	12,38	5,16	52,59
150,0	-5,55	-47,91	1,88	3,26	33,20
165,0	-8,81	-54,00	-5,02	1,11	11,35
180,0	-9,93	-56,09	-7,42	1,11	11,35
195,0	-8,81	-54,00	-5,02	3,26	33,20
210,0	-5,55	-47,91	1,88	5,16	52,59
225,0	-0,39	-38,25	12,38	6,68	68,06
240,0	6,30	-25,74	25,08	3,77	38,41
255,0	10,07	-18,05	32,89	1,40	14,25
270,0	8,67	-19,14	32,13	0,64	6,50
285,0	8,03	-18,92	30,83	3,75	38,14
300,0	4,29	-24,12	21,09	5,36	54,63
315,0	-1,08	-32,26	6,75	4,08	41,56
330,0	-5,16	-38,45	-5,02	2,55	25,98
345,0	-7,71	-42,32	-12,71	0,86	8,80
360,0	-8,58	-43,62	-15,38	0,00	0,04

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	56,1	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,83	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	43,0	kNm		M_{Rd} =	19893	kNm
$V_{Ed;max}$ =	33,0	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 56,09 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,83 / 32,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 78,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 33,03 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 56,09

V_{Ed} = 7,42

$\sigma_b + \sigma_N$ = 78,2 + 4,8 = 83,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

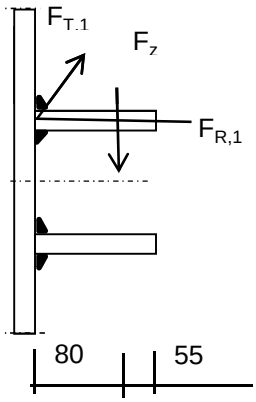
τ_z = 2,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 83 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,53	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,39	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	68,06	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,5 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 30,87 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 42,54 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,03 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 193,7 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

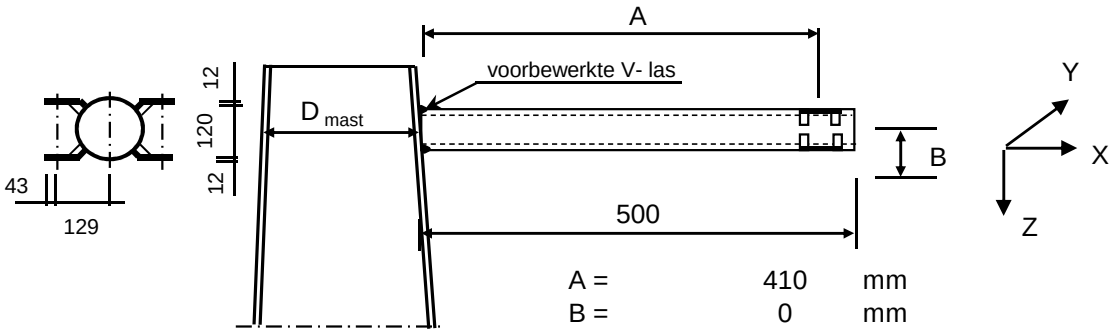
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 193,7 / 302,2 = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,0 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	15	mm
Hoogte :	61,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix N en N1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20429	32679	2228	20429	-32679	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32450	58151	9246	32450	-58151	9246
BG 1a - (wind (45 gr))	9102	17936	2226	21514	-34170	2228
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26385	54955	9244	33116	-58719	9247
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13529	23228	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20828	35526	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8595	17608	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13832	28363	3796	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14071	23957	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21594	36481	3798	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,858	0	4,456	0,00	1,83	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	0	18,492	0,00	7,58	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,616	16,234	4,454	0,00	1,83	6,66
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,501	3,764	18,491	0,00	7,58	1,54
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,529	23,228	2,227	0,00	0,91	9,52
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,828	35,526	3,797	0,00	1,56	14,57
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,595	17,608	2,226	0,00	0,91	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,832	28,363	3,796	0,00	1,56	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,071	23,957	2,227	0,00	0,91	9,82
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,594**	**36,481**	**3,798**	**0,00**	**1,56**	**14,96**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,56	/	36	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,1	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	14,96	/	36	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		97,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	21,59	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,80	/	275	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		1,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	36,48	/	275	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		18,1	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 103 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 108 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	15,0	23751	S355	355	2908675
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 17,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,32 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,09 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,02 of n_p = -0,011

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 7,58 / 58,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 32,7 kNm

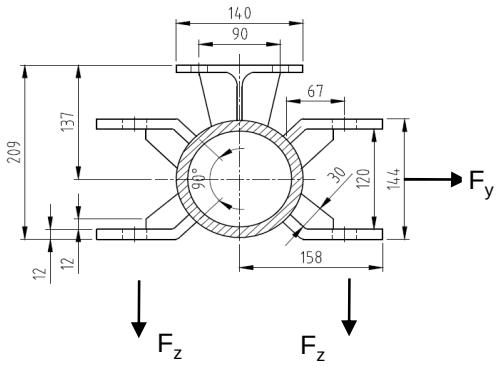
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

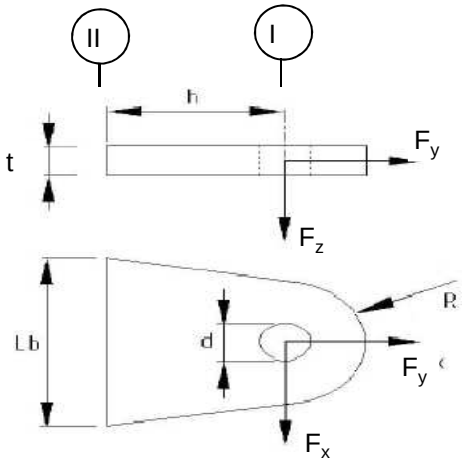
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,96 / 32,7 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,43	32,68	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,45**	**58,15**	**9,25**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,10	17,94	2,23
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,39	54,96	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

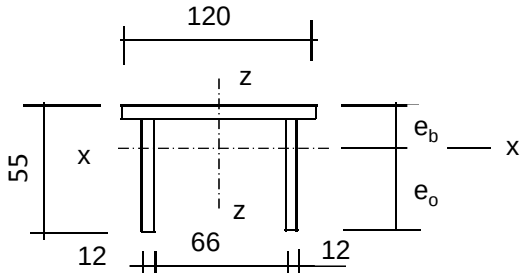
Per clip :	**16,23**	**29,08**	**9,25**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	43	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,08	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,05	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,23	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,08	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,05	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,60	/	4,0	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		35,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		9,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,23	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 71,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 75 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

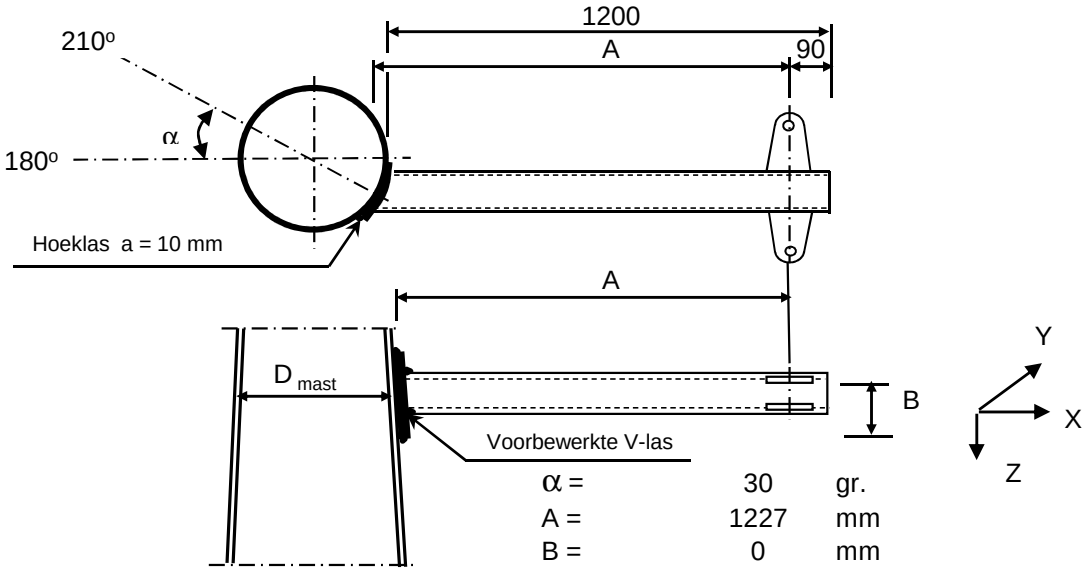
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		60,4	N/mm^2
τ_1 =		60,4	N/mm^2
τ_2 =	0	13,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	123,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	123,1	/	302,2	= 0,41	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,4	/	244,8	= 0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix N en N1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	31951	53373	4620	31951	-53373	4620
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60012	113159	18678	60012	-113159	18678
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36619	4617	33409	-55362	4620
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52715	110835	18676	60793	-113667	18679
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23161	41797	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35850	64466	7763	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17489	36384	4617	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27716	57669	7762	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23814	42605	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	36772	65513	7764	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	63,902	0	9,24	0,00	11,34	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	120,024	0	37,356	0,00	45,84	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	51,49	18,743	9,237	0,00	11,34	23,00
BG 3 - (wind (45) + ijs)	113,508	2,832	37,355	0,00	45,84	3,48
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23,161	41,797	4,618	0,00	5,67	51,30
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35,85	64,466	7,763	0,00	9,53	79,12
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17,489	36,384	4,617	0,00	5,67	44,65
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27,716	57,669	7,762	0,00	9,53	70,77
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23,814	42,605	4,618	0,00	5,67	52,29
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**36,772**	**65,513**	**7,764**	**0,00**	**9,53**	**80,40**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,53 / 101 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,2 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 80,40 / 101 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 187,5 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 36,77 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 65,51 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 194 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 197 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

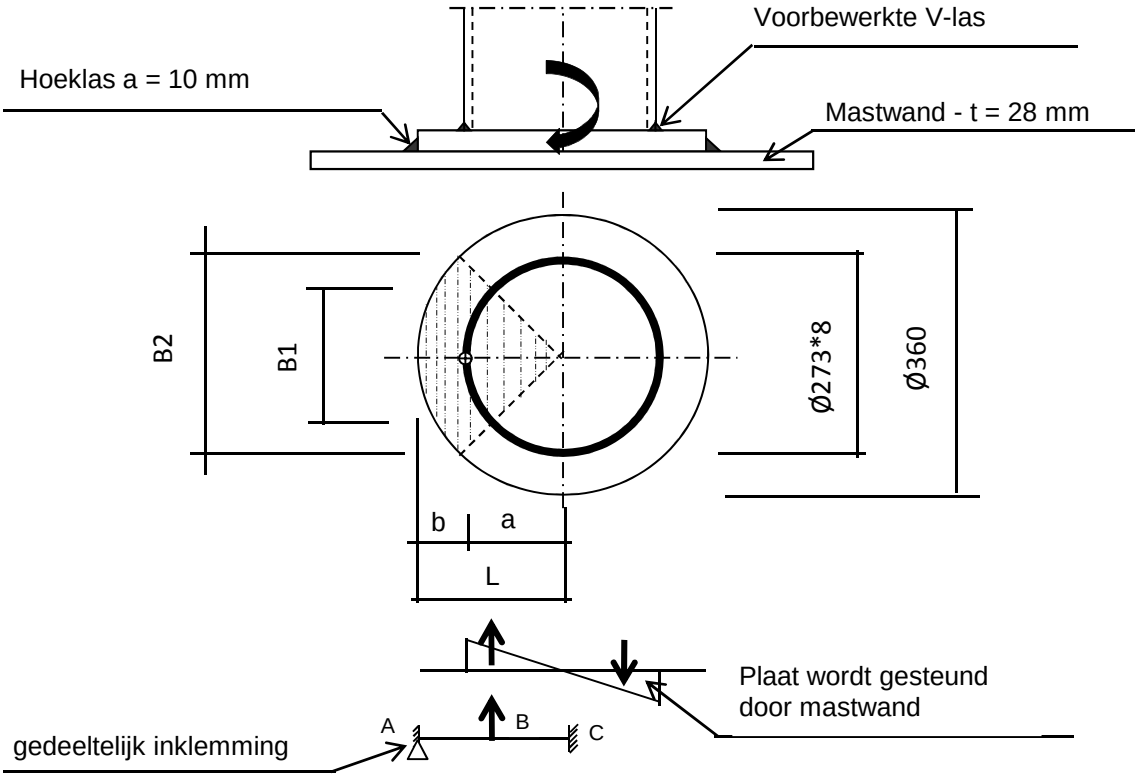
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 81,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 268,4 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,53 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 173,0 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,71 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,25 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 229,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 6,7 * 40,0% = 2,69 kNm

$M_{B;Ed}$ = 7,5 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,81 kNm

$R_{A;Ed}$ = 173,0 * 60,0% + 229,0 * 40,0% = 195,4 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,69 / 10,46 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 60,8 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 5,81 / 7,93 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 173,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 195,4 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 184,7 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 107,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	107,5	+	48,9	=		156,3	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	107,5	-	48,9	=		58,6	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		186,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	186,4	/	302,2	=	0,62	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	156,3	/	244,8	=	0,64	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1750,2	28,0	151493	S355	355	64198753
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 514,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15584,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,674

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 241,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 45,84 / 241,3 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 140,2 kNm

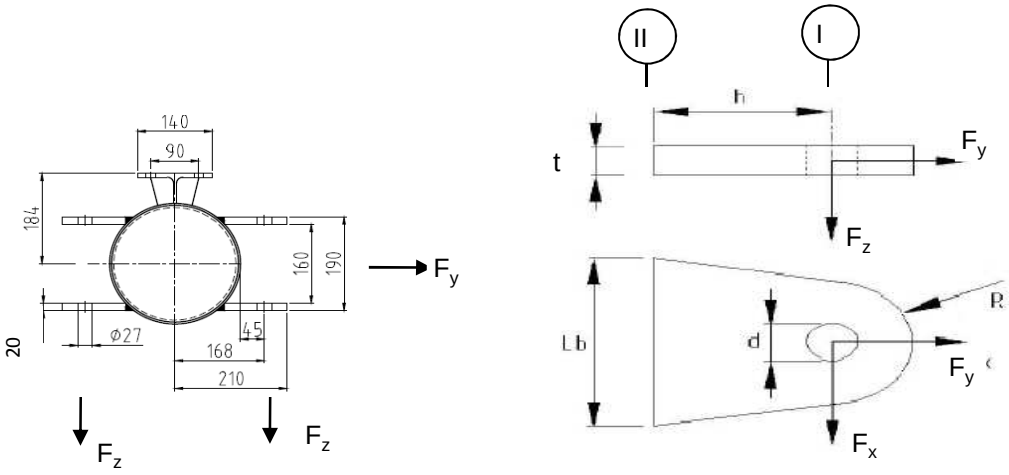
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 80,40 / 140,2 = 0,57 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	4,62
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**60,01**	**113,16**	**18,68**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	4,62
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,72	110,84	18,68

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**30,01**	**56,58**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

N_{Ed} =	56,58	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,25	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,01	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,58	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,25	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,40	/	2,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		150,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,68	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		6,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,01	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 204,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

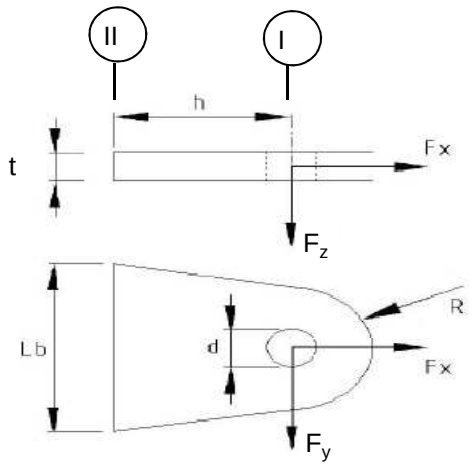
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	70,71	/	521	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet	
			σ_N =		32,1	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,89	/	10	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		96,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	70,71	/	301	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		32,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	5,50	/	10	=	0,58	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		136,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	100,00	/	301	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		45,5	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2550,3	28,0	221876	S355	355	138392000
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1024,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 38531,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,771

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 534,6 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 534,6 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 58,8 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 58,8 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

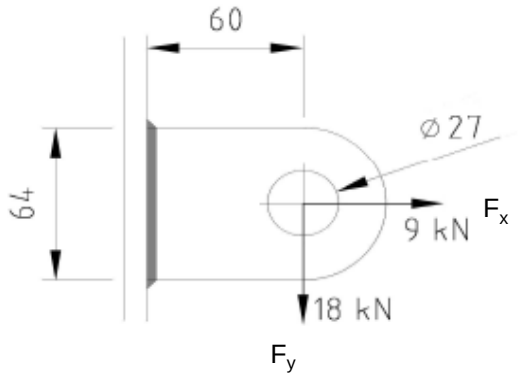
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
61,43 - 59,93 - 51,8 - 49,3 - 41,8 - 39,3 - 31,8 - 29,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1590,2	25,0	122929	S355	355	47357080
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 425,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12278,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,721

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,61

$N_{1,Rd} =$ 458,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 458,4 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 29,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 29,3 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

Clip op 51,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	840,1	15,0	38880	S355	355	7878898
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,08 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,08

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 113,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 959,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,35 of $n_p =$ -0,335

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,86

$N_{1,Rd} =$ 232,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 232,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 14,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 14,9 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

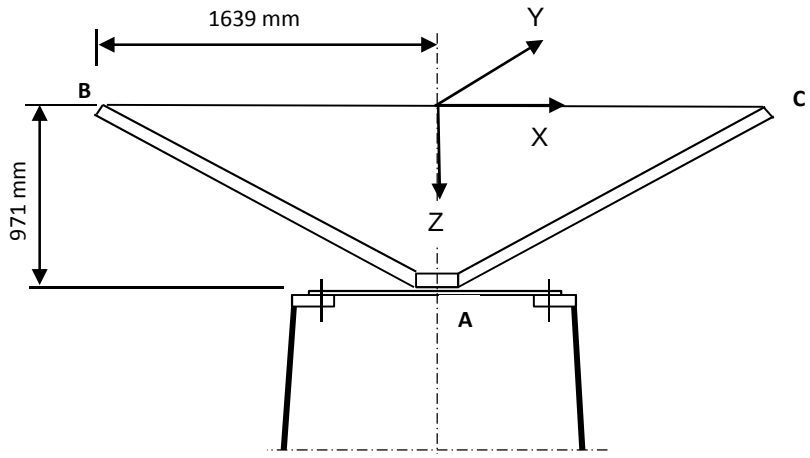
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



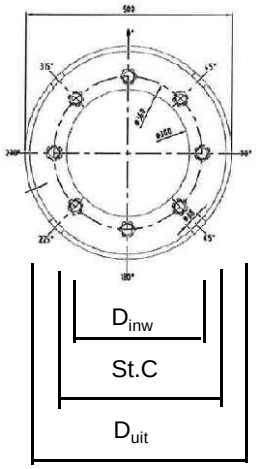
Buis rond 500 * 15

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03 / 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36 / 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

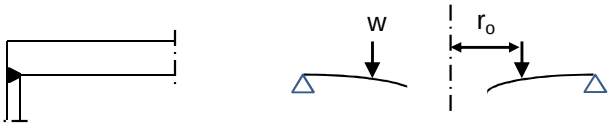
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

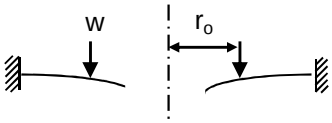
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 50,0%

Percentage vrij oplegging = 50,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 769 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 17550 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 18318 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 18318 / 35500 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 122,1 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 126 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 15 - S355 ;

A = 22855 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8114 kN

$W_y = W_z$ = 2,69E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 955,2 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8114 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,5 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 955 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 26,7 N/mm^2

σ_{max} = 28,3 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

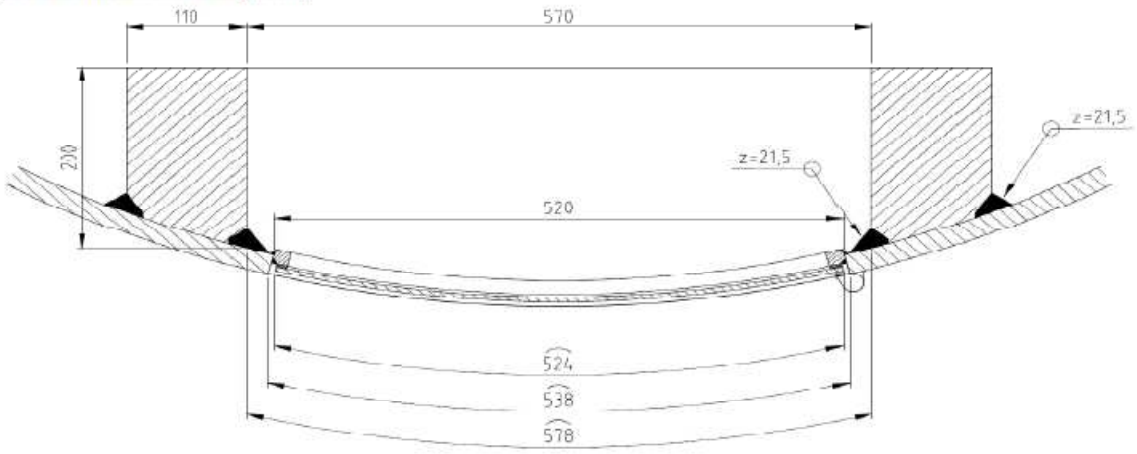
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

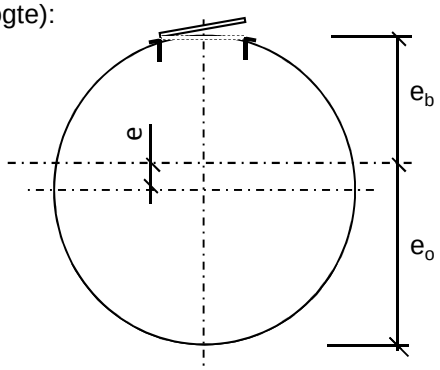
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 2526 mm
dikte t ; 28 mm

A_{buis} = 219750 mm^2
$A_{versterking}$ = 40531 mm^2
$A_{verlies}$ = 14502 mm^2

A_{tot} = 245778 mm^2

e = 107,2 mm
e_b = 1155,9 mm ; e_o = 1370,3 mm

I_{tot} = 1,95E+11 mm^4
W_{min} = 1,42E+08 mm^3
W_{max} = 1,69E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 39022 kNm ; N_{Ed} = 1025 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 4,2 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 274,3 N/mm^2

σ_{max} = 4,2 + 274,3 = 278,5 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage N, N1 en N2

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70458	137544	17046	70458	-137544
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	69655	136876	17046	69655	-136876
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68668	136110	17045	68668	-136110
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9796	18590	2226	9796	-18590
	Comp. gl	4617	18864	37163	4617	18864	-37163
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72973	153782	17036	72973	-153782
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72875	153781	17036	72875	-153781
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72751	153785	17036	72751	-153785
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9509	19909	2225	9509	-19909
	Comp. gl	4615	19347	40832	4615	19347	-40832
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104312	216126	29376	104312	-216126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	104020	216089	29376	104020	-216089
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103654	216058	29376	103654	-216058
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26783	54949	9244	26783	-54949
	Comp. gl	18676	53224	110761	18676	53224	-110761
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73762	155471	20053	73762	-155471
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73667	155479	20053	73667	-155479
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73547	155493	20053	73547	-155493
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10784	22643	2978	10784	-22643
	Comp. gl	6122	21974	46465	6122	21974	-46465
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66677	134803	17056	124305	-204739
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	66131	134516	17054	115909	-193419
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9102	17936	2228	21514	-34170
	Comp. gl	4617	18081	36619	4620	33409	-55362

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72547	153803	17037	79755	-157640
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72487	153812	17036	78948	-156952
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72410	153824	17036	77958	-156163
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9428	19902	2225	10900	-20985
	Comp. gl	4615	19245	40840	4615	20946	-41664
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102881	216055	29380	122823	-228863
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102659	216072	29379	119728	-225957
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26385	54955	9247	33116	-58719
	Comp. gl	18676	52715	110835	18679	60793	-113667
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73350	155525	20053	79986	-158127
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73291	155536	20053	79261	-157616
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73217	155553	20053	78368	-157037
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10709	22648	2978	11966	-23269
	Comp. gl	6122	21877	46484	6122	23381	-46885
1a	380C1F1 / 380C2F1	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	118872	197406	17055	118872	-197406
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	111117	186995	17053	111117	-186995
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	20429	32679	2228	20429	-32679
	Comp. gl	4620	31951	53373	4620	31951	-53373
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	79030	157020	17036	79030	-157020
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78303	156430	17036	78303	-156430
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77410	155757	17036	77410	-155757
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10748	20825	2225	10748	-20825
	Comp. gl	4615	20776	41527	4615	20776	-41527
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	120807	226950	29380	120807	-226950
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	118012	224428	29379	118012	-224428
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32450	58151	9246	32450	-58151
	Comp. gl	18678	60012	113159	18678	60012	-113159
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79334	157666	20053	79334	-157666
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78680	157232	20053	78680	-157232

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77872	156743	20053	77872	-156743
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11840	23167	2978	11840	-23167
	Comp. gl	6122	23237	46803	6122	23237	-46803
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	130900	213662	17045	67119	-135061
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17056	124305	204739	17045	66677	-134803
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17054	115909	193419	17045	66131	-134516
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21514	34170	2226	9102	-17936
	Comp. gl	4620	33409	55362	4617	18081	-36619
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79755	157640	17036	72547	-153803
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78948	156952	17036	72487	-153812
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77958	156163	17036	72410	-153824
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10900	20985	2225	9428	-19902
	Comp. gl	4615	20946	41664	4615	19245	-40840
3	380C1F1 / 380C2F1	29381	125336	231339	29376	103058	-216048
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	122823	228863	29376	102881	-216055
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	119728	225957	29376	102659	-216072
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9247	33116	58719	9244	26385	-54955
	Comp. gl	18679	60793	113667	18676	52715	-110835
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79986	158127	20053	73350	-155525
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	79261	157616	20053	73291	-155536
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	78368	157037	20053	73217	-155553
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11966	23269	2978	10709	-22648
	Comp. gl	6122	23381	46885	6122	21877	-46484
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58487	111876	12782	58487	-111876
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	57534	110884	12782	57534	-110884
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	56365	109729	12781	56365	-109729
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8291	15363	1669	8291	-15363
	Comp. gl	3462	15495	29938	3462	15495	-29938
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59266	124389	12774	59266	-124389
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59160	124371	12774	59160	-124371
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	59026	124354	12774	59026	-124354
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7663	15950	1668	7663	-15950

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15550	32688	3461	15550	-32688
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93214	192328	25109	93214	-192328
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92908	192258	25109	92908	-192258
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92524	192190	25109	92524	-192190
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25652	52524	8685	25652	-52524
	Comp. gl	17518	50875	105724	17518	50875	-105724
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61248	128638	15788	61248	-128638
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61149	128635	15788	61149	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	61023	128636	15788	61023	-128636
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9163	19167	2421	9163	-19167
	Comp. gl	4966	18625	39284	4966	18625	-39284
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54545	108097	12792	126013	-203187
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	54030	107683	12791	119007	-193383
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53398	107211	12789	110005	-180763
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7466	14428	1671	21038	-33151
	Comp. gl	3462	14575	29100	3465	31889	-52105
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58810	124344	12775	67185	-130687
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58746	124344	12775	66217	-129653
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58665	124348	12774	65032	-128446
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7574	15927	1669	9312	-17579
	Comp. gl	3461	15441	32682	3461	17403	-34068
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91902	192127	25114	116091	-211518
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91720	192120	25113	113341	-208533
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91490	192121	25112	109949	-204991
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25248	52517	8688	32173	-56698
	Comp. gl	17518	50360	105786	17520	58644	-109062
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60818	128650	15789	68194	-132843

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60757	128657	15788	67364	-132105
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60680	128668	15788	66345	-131256
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9084	19165	2421	10470	-20062
	Comp. gl	4966	18525	39296	4966	20153	-39964
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	119726	194390	12791	119726	-194390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	113193	185234	12790	113193	-185234
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	104817	173489	12789	104817	-173489
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19913	31574	1671	19913	-31574
	Comp. gl	3464	30325	49888	3464	30325	-49888
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66315	129755	12775	66315	-129755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	65444	128858	12774	65444	-128858
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64379	127815	12774	64379	-127815
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9129	17354	1669	9129	-17354
	Comp. gl	3461	17200	33860	3461	17200	-33860
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	113619	208830	25113	113619	-208830
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	111132	206207	25112	111132	-206207
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	108069	203109	25112	108069	-203109
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31486	56084	8688	31486	-56084
	Comp. gl	17520	57838	108499	17520	57838	-108499
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67448	132178	15788	67448	-132178
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66700	131544	15788	66700	-131544
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65782	130818	15788	65782	-130818
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10329	19926	2421	10329	-19926
	Comp. gl	4966	19993	39847	4966	19993	-39847
1a	380C1F1 / 380C2F1	12792	126013	203187	12781	54545	-108097
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	119007	193383	12781	54030	-107683
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	110005	180763	12781	53398	-107211
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	21038	33151	1669	7466	-14428
	Comp. gl	3465	31889	52105	3462	14575	-29100
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	67185	130687	12774	58810	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	66217	129653	12774	58746	-124344
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	65032	128446	12774	58665	-124348

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9312	17579	1668	7574	-15927
	Comp. gl	3461	17403	34068	3461	15441	-32682
3	380C1F1 / 380C2F1	25114	116091	211518	25109	91902	-192127
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	113341	208533	25109	91720	-192120
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	109949	204991	25109	91490	-192121
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	32173	56698	8685	25248	-52517
	Comp. gl	17520	58644	109062	17518	50360	-105786
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	68194	132843	15788	60818	-128650
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	67364	132105	15788	60757	-128657
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	66345	131256	15788	60680	-128668
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10470	20062	2421	9084	-19165
	Comp. gl	4966	20153	39964	4966	18525	-39296

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65978	134443	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65655	134298	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	134141	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	4617	17812	36487	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72723	153787	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72647	153793	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	153803	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9461	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19287	40835	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77768	160718	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77517	160650	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	160581	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14234	28538	0	0	0
	Comp. gl	7762	28198	57773	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71802	151812	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71728	151822	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	151838	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	5821	21063	44642	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	64613	133947	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64427	133907	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	133866	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8595	17608	0	0	0
	Comp. gl	4617	17489	36384	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72393	153827	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72346	153837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	153850	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9399	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19208	40847	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76696	160509	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76547	160498	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13832	28363	0	0	0
	Comp. gl	7762	27716	57669	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71480	151870	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71434	151881	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	151896	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10251	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20986	44660	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	88694	157786	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85924	154369	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	150248	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13529	23228	0	0	0
	Comp. gl	4618	23161	41797	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77213	155617	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76684	155257	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	154852	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10368	20455	0	0	0
	Comp. gl	4615	20350	41219	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	94794	175433	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92704	173118	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	170380	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20828	35526	0	0	0
	Comp. gl	7763	35850	64466	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76022	153058	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75535	152787	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	152486	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11112	22051	0	0	0
	Comp. gl	5821	22032	44825	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	91433	161228	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	88385	157402	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	152765	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	14071	23957	0	0	0
	Comp. gl	4618	23814	42605	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77740	155999	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77154	155575	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	155096	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10478	20558	0	0	0
	Comp. gl	4615	20473	41302	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	96873	177802	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94560	175171	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	172045	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3798	21594	36481	0	0	0
	Comp. gl	7764	36772	65513	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76507	153348	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75968	153026	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	152666	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11206	22119	0	0	0
	Comp. gl	5821	22141	44877	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53222	107088	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52851	106842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	106564	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	3462	14265	28881	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58997	124352	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58915	124346	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7610	15934	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15485	32682	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65149	133659	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64872	133536	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	133402	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12761	25380	0	0	0
	Comp. gl	6606	25101	51132	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59156	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59079	124696	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	124702	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17660	37346	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51673	106197	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51465	106111	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	106018	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	3462	13901	28691	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58647	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58597	124354	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	124361	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7543	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15402	32684	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63979	133237	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63819	133203	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	133169	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12329	25139	0	0	0
	Comp. gl	6606	24590	50966	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58821	124722	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58773	124730	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	124742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17581	37358	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	79869	138866	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76688	134567	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	129277	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12565	21162	0	0	0
	Comp. gl	3463	20558	36215	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64146	127595	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63519	127026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	126371	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8672	16819	0	0	0
	Comp. gl	3461	16694	33380	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	84746	153890	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82341	150899	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	147304	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19918	33574	0	0	0
	Comp. gl	6608	33469	59363	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	63819	126890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63265	126476	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	126005	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9546	18692	0	0	0
	Comp. gl	4665	18707	37695	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	82990	143126	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	79515	138386	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	132522	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	13162	22007	0	0	0
	Comp. gl	3463	21310	37236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64772	128192	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64075	127530	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	126766	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8804	16969	0	0	0
	Comp. gl	3461	16840	33512	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	87128	156909	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84477	153553	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	149498	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20730	34631	0	0	0
	Comp. gl	6608	34473	60583	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64373	127328	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63757	126842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	126289	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	4665	18828	37773	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58927	117336	14202	58927	-117336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58429	116970	14202	58429	-116970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8041	15633	1855	8041	-15633
	Comp. gl	3847	15792	31671	3847	15792	-31671
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63543	134464	14194	63543	-134464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63480	134467	14194	63480	-134467
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8213	17290	1854	8213	-17290
	Comp. gl	3845	16749	35479	3845	16749	-35479
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84618	176416	22419	84618	-176416
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84425	176396	22419	84425	-176396
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20638	42602	6530	20638	-42602
	Comp. gl	13213	41150	85996	13213	41150	-85996
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62101	131369	16206	62101	-131369
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62039	131376	16206	62039	-131376
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8891	18744	2356	8891	-18744
	Comp. gl	4850	18179	38547	4850	18179	-38547
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56851	116000	14208	98189	-165882
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56574	115867	14208	93717	-159769
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7613	15270	1856	15816	-25944
	Comp. gl	3847	15304	31383	3849	25141	-43062
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63266	134493	14195	67811	-136493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63227	134500	14195	67309	-136112
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8160	17289	1854	9080	-17879
	Comp. gl	3845	16682	35488	3846	17755	-35908
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83790	176382	22421	98433	-186136

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

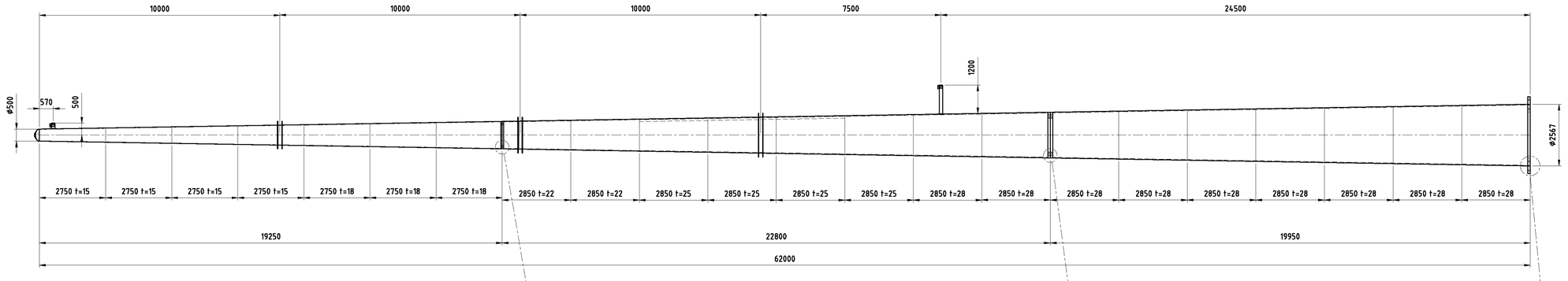
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

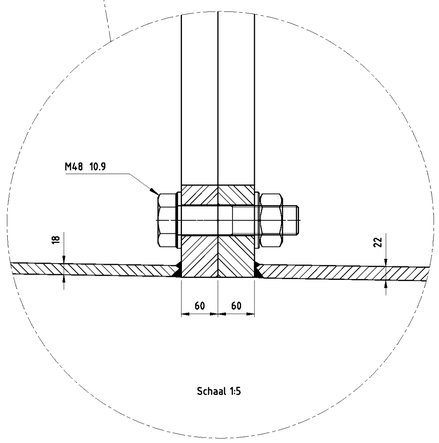
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83673	176389	22421	96774	-184519
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20371	42601	6531	24969	-45353
	Comp. gl	13213	40808	86040	13214	46287	-88135
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61831	131414	16207	66084	-132786
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61792	131422	16207	65626	-132496
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8841	18749	2356	9651	-19102
	Comp. gl	4850	18115	38561	4850	19090	-38769
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	94173	160390	14208	94173	-160390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	90060	154804	14207	90060	-154804
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	15062	24884	1856	15062	-24884
	Comp. gl	3848	24165	41727	3848	24165	-41727
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67360	136149	14195	67360	-136149
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66908	135825	14195	66908	-135825
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8986	17788	1854	8986	-17788
	Comp. gl	3846	17650	35833	3846	17650	-35833
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96941	184679	22421	96941	-184679
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95445	183276	22420	95445	-183276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24509	44940	6531	24509	-44940
	Comp. gl	13214	45753	87767	13214	45753	-87767
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65672	132524	16207	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65257	132281	16207	65257	-132281
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9570	19041	2356	9570	-19041
	Comp. gl	4850	18997	38722	4850	18997	-38722
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	98189	165882	14202	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	93717	159769	14202	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

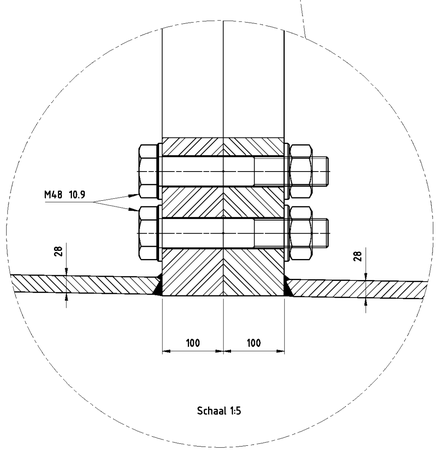
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15816	25944	1855	7613	-15270
	Comp. gl	3849	25141	43062	3847	15304	-31383
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67811	136493	14194	63266	-134493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67309	136112	14194	63227	-134500
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9080	17879	1854	8160	-17289
	Comp. gl	3846	17755	35908	3845	16682	-35488
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	98433	186136	22419	83790	-176382
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	96774	184519	22419	83673	-176389
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24969	45353	6530	20371	-42601
	Comp. gl	13214	46287	88135	13213	40808	-86040
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	66084	132786	16206	61831	-131414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65626	132496	16206	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9651	19102	2356	8841	-18749
	Comp. gl	4850	19090	38769	4850	18115	-38561

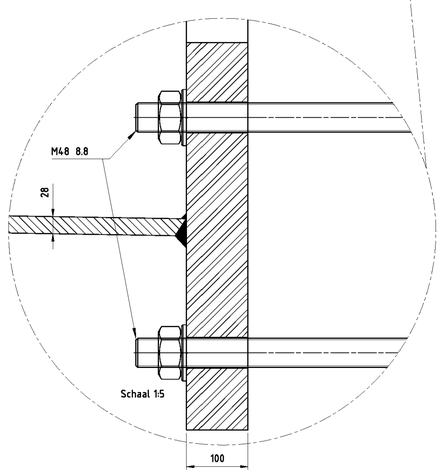




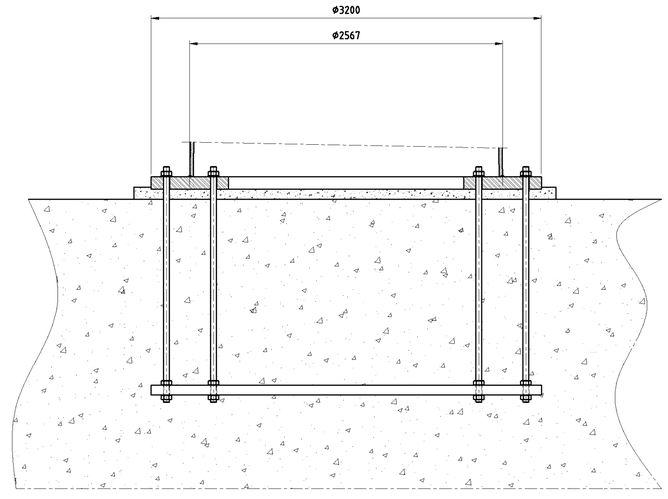
Schaal 1:5



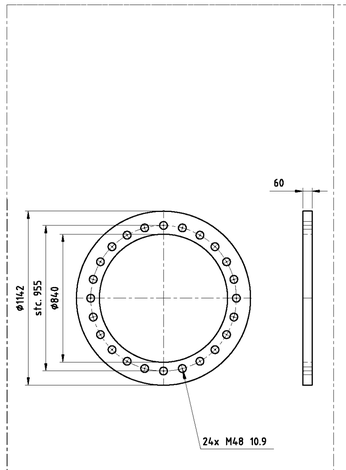
Schaal 1:5



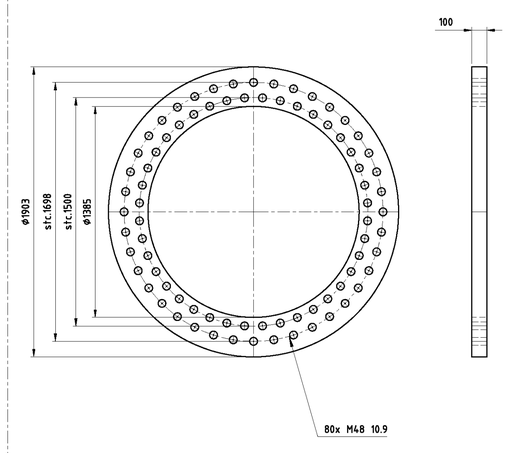
Schaal 1:5



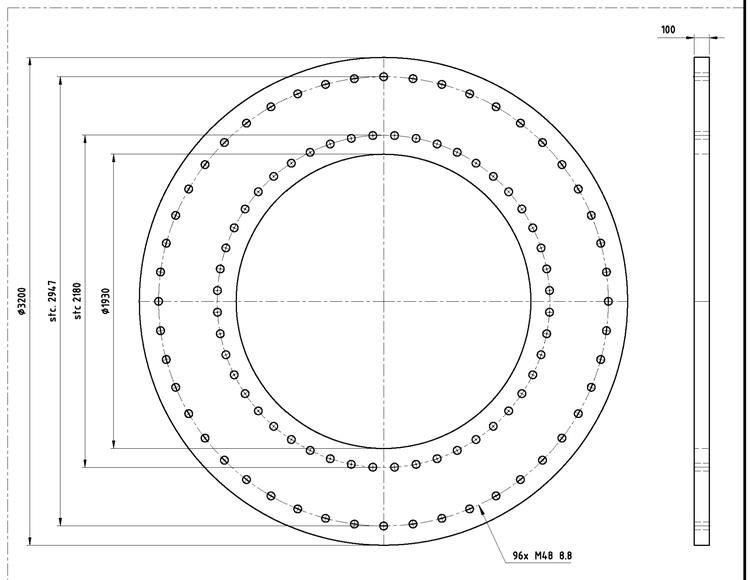
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+5

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	

Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projecte
Tek.nr.: MS20120025/06 A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+5)"

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-detailberekening toegevoegd	22 - 03 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	21 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	21-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S400(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

blz.

9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV 55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 62
9.1.3 Berekening clips 14,5 65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator 67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm 69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad 70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 73
9.3 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider" 75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 80
9.3.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider" 81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting 85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8 86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk 93
9.7.1 Hijsbalk op 55,75/53,25 m 93
9.7.1.1 Berekening clip 94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting 98
9.7.2 Hijsbalk op 51,33/46,83 en 41,33/36,83 m 99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9 99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting 102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk 104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip 108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting 110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip 111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting 115
9.9 Berekening versterking deur 118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,925 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28,5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2S400(+5)”

Berekening

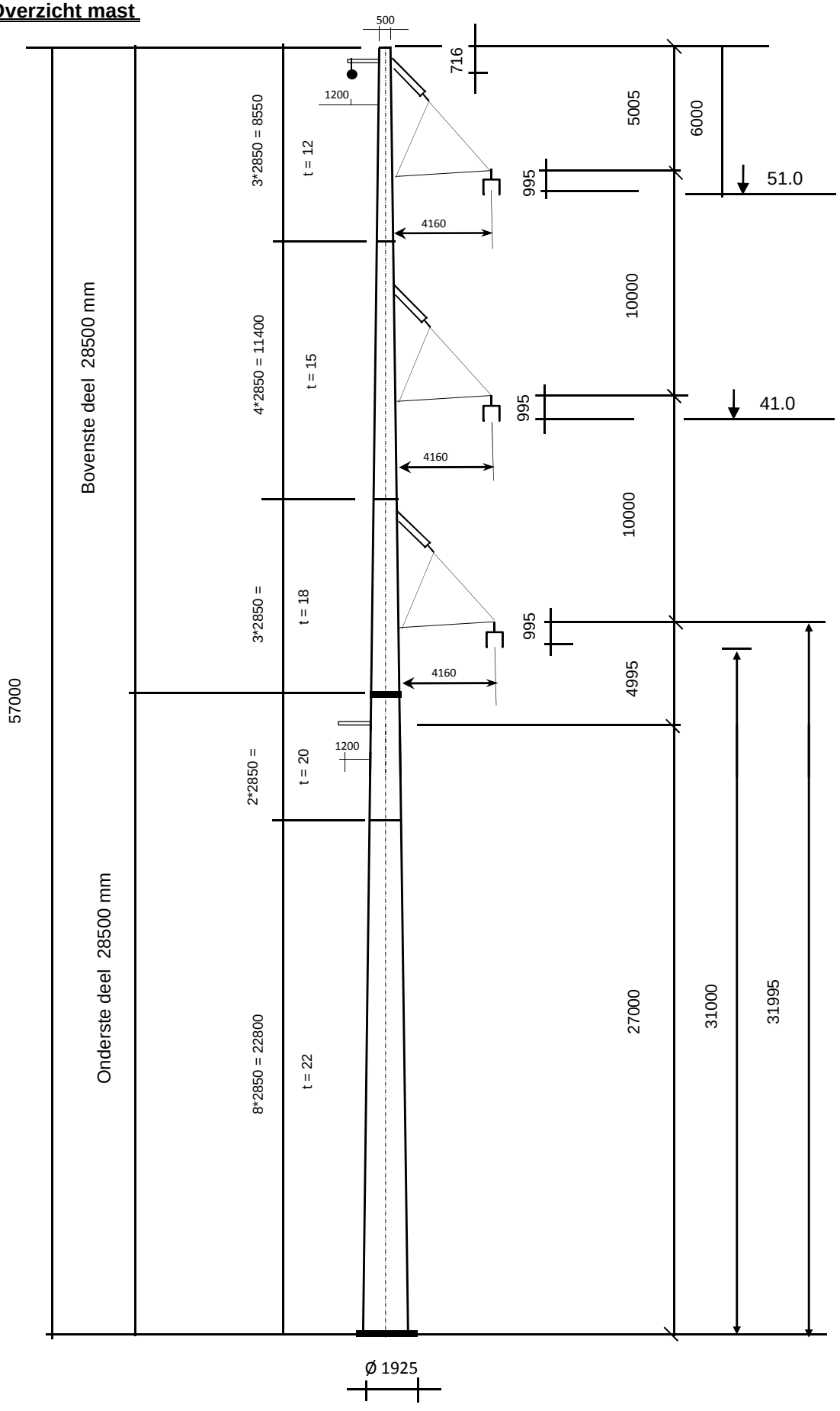
W2S400+5

57,0 m - 1925 - 500

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16 (A + B)

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,213

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	518	500	n.v.t.	2	1	56,65
2	2150	571	518	n.v.t.	2	1	55,23
3	2155	625	571	n.v.t.	2	1	53,07
4	695	643	625	n.v.t.	2	1	51,65
5	1425	678	643	n.v.t.	2	1	50,59
6	1425	714	678	n.v.t.	2	1	49,16
7	1425	749	714	n.v.t.	2	1	47,74
8	1425	785	749	n.v.t.	2	1	46,31
9	2850	856	785	n.v.t.	2	1	44,18
10	755	875	856	n.v.t.	2	1	42,37
11	2095	928	875	n.v.t.	2	1	40,95
12	2850	999	928	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1070	999	n.v.t.	2	1	35,63
14	2205	1125	1070	n.v.t.	2	1	33,10
15	645	1141	1125	n.v.t.	2	1	31,67
16	2850	1213	1141	n.v.t.	2	1	29,93
17	1500	1250	1213	n.v.t.	2	1	27,75
18	1350	1284	1250	n.v.t.	2	1	26,33
19	2850	1355	1284	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	1426	1355	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1498	1426	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1569	1498	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	1640	1569	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	1711	1640	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	1783	1711	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	1854	1783	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	1925	1854	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18727	147,01	5,78E+08	175,68	2,27E+06
2	544	12,0	20070	157,55	7,11E+08	188,27	2,61E+06
3	598	12,0	22099	173,48	9,50E+08	207,29	3,17E+06
4	634	12,0	23442	184,02	1,13E+09	219,88	3,58E+06
5	660	12,0	24441	191,86	1,28E+09	229,25	3,89E+06
6	696	12,0	25784	202,40	1,51E+09	241,85	4,33E+06
7	732	15,0	33767	265,07	2,17E+09	253,40	5,93E+06
8	767	15,0	35446	278,25	2,51E+09	265,99	6,54E+06
9	821	15,0	37964	298,02	3,08E+09	284,88	7,51E+06
10	866	15,0	40088	314,69	3,63E+09	300,81	8,38E+06
11	901	15,0	41766	327,87	4,10E+09	313,40	9,10E+06
12	963	15,0	44679	350,73	5,02E+09	335,25	1,04E+07
13	1034	18,0	57475	451,18	7,42E+09	359,40	1,44E+07
14	1098	18,0	61048	479,23	8,90E+09	381,74	1,62E+07
15	1133	18,0	63062	495,04	9,81E+09	394,33	1,73E+07
16	1177	18,0	65533	514,43	1,10E+10	409,77	1,87E+07
17	1231	20,0	76105	597,42	1,40E+10	428,30	2,27E+07
18	1267	20,0	78343	615,00	1,52E+10	440,89	2,40E+07
19	1319	20,0	81642	640,89	1,72E+10	459,45	2,61E+07
20	1391	22,0	94593	742,55	2,22E+10	483,94	3,19E+07
21	1462	22,0	99517	781,21	2,58E+10	509,13	3,53E+07
22	1533	22,0	104441	819,87	2,98E+10	534,32	3,89E+07
23	1604	22,0	109366	858,52	3,42E+10	559,51	4,27E+07
24	1676	22,0	114290	897,18	3,91E+10	584,70	4,66E+07
25	1747	22,0	119215	935,84	4,43E+10	609,89	5,08E+07
26	1818	22,0	124139	974,49	5,01E+10	635,07	5,51E+07
27	1889	22,0	129064	1013,15	5,63E+10	660,26	5,96E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,78E+08
2	56300	2 -- 3	2	2150	2,01E+04	7,11E+08
3	54150	3 -- 4	3	2155	2,21E+04	9,50E+08
4	51995	4 -- 5	4	695	2,34E+04	1,13E+09
5	51300	5 -- 6	5	1425	2,44E+04	1,28E+09
6	49875	6 -- 7	6	1425	2,58E+04	1,51E+09
7	48450	7 -- 8	7	1425	3,38E+04	2,17E+09
8	47025	8 -- 9	8	1425	3,54E+04	2,51E+09
9	45600	9 -- 10	9	2850	3,80E+04	3,08E+09
10	42750	10 -- 11	10	755	4,01E+04	3,63E+09
11	41995	11 -- 12	11	2095	4,18E+04	4,10E+09
12	39900	12 -- 13	12	2850	4,47E+04	5,02E+09
13	37050	13 -- 14	13	2850	5,75E+04	7,42E+09
14	34200	14 -- 15	14	2205	6,10E+04	8,90E+09
15	31995	15 -- 16	15	645	6,31E+04	9,81E+09
16	31350	16 -- 17	16	2850	6,55E+04	1,10E+10
17	28500	17 -- 18	17	1500	7,61E+04	1,40E+10
18	27000	18 -- 19	18	1350	7,83E+04	1,52E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	8,16E+04	1,72E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	9,46E+04	2,22E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	9,95E+04	2,58E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,04E+05	2,98E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,09E+05	3,42E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,14E+05	3,91E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,19E+05	4,43E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,24E+05	5,01E+10
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,29E+05	5,63E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,65	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,23	0,21	1,18	31,77	0,18	1417
3	53,07	0,21	1,17	31,55	0,18	1402
4	51,65	0,21	1,16	31,39	0,18	1392
5	50,59	0,21	1,16	31,28	0,18	1385
6	49,16	0,21	1,15	31,12	0,18	1375
7	47,74	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
8	46,31	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
9	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
10	42,37	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
11	40,95	0,21	1,11	30,08	0,19	1310
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	33,10	0,21	1,07	28,88	0,20	1235
15	31,67	0,21	1,06	28,63	0,20	1220
16	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
17	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
18	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1134	400	0,40	0,00	4,24E-02	1385,0
2	2 -- 3	3710	3710	5,24	0,68	4,24E-02	1355,3
3	3 -- 4	4062		8,95	15,94	4,23E-02	1264,2
4	4 -- 5	1383	28404	41,42	39,61	4,20E-02	1173,3
5	5 -- 6	2948		42,80	68,88	4,18E-02	1144,2
6	6 -- 7	3098		45,75	131,97	4,13E-02	1084,9
7	7 -- 8	3991		48,85	199,37	4,06E-02	1026,5
8	8 -- 9	4179		52,84	271,83	3,98E-02	969,1
9	9 -- 10	8921		57,02	350,10	3,90E-02	912,9
10	10 -- 11	2489		65,94	525,32	3,71E-02	804,3
11	11 -- 12	7183	28404	96,83	576,04	3,65E-02	776,6
12	12 -- 13	10423		104,02	786,43	3,49E-02	701,7
13	13 -- 14	13286		114,44	1097,73	3,23E-02	605,7
14	14 -- 15	10898		127,72	1442,81	3,00E-02	516,6
15	15 -- 16	3290	28404	167,03	1736,46	2,82E-02	452,4
16	16 -- 17	15089		170,32	1845,25	2,76E-02	434,4
17	17 -- 18	9186	6512	191,92	2352,15	2,50E-02	359,3
18	18 -- 19	8505	7694	208,80	2646,92	2,37E-02	322,8
19	19 -- 20	18693		217,30	2934,54	2,26E-02	291,5
20	20 -- 21	21590		236,00	3580,49	2,00E-02	230,8
21	21 -- 22	22692		257,59	4283,84	1,76E-02	177,1
22	22 -- 23	23794		280,28	5050,30	1,51E-02	130,4
23	23 -- 24	24895		304,07	5882,99	1,26E-02	90,7
24	24 -- 25	25997		328,97	6785,07	1,01E-02	58,2
25	25 -- 26	27099		354,96	7759,68	7,61E-03	32,8
26	26 -- 27	28201		382,06	8809,94	5,08E-03	14,6
27	27 -- 28	29302		410,26	9939,00	2,54E-03	3,7
28			10993	450,56	11150,01	0,00E+00	0,0

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,4	40,0	1,385	2067,74	289,618
2	2 -- 3	371,0	371,0	1,355	9699,18	1317,847
3	3 -- 4	406,2		1,264	4856,05	603,292
4	4 -- 5	138,3	2840,4	1,173	34265,56	4095,918
5	5 -- 6	294,8		1,144	3222,88	366,150
6	6 -- 7	309,8		1,085	3208,31	345,250
7	7 -- 8	399,1		1,026	3906,63	397,358
8	8 -- 9	417,9		0,969	3857,76	370,066
9	9 -- 10	892,1		0,913	7514,50	657,728
10	10 -- 11	248,9		0,804	1930,17	155,525
11	11 -- 12	718,3	2840,4	0,777	26846,33	2105,259
12	12 -- 13	1042,3		0,702	6683,85	445,355
13	13 -- 14	1328,6		0,606	7313,71	418,353
14	14 -- 15	1089,8		0,517	5179,88	255,840
15	15 -- 16	329,0	2840,4	0,452	14037,52	646,078
16	16 -- 17	1508,9		0,434	5874,84	237,683
17	17 -- 18	918,6	651,2	0,359	5369,12	190,941
18	18 -- 19	850,5	769,4	0,323	4998,75	160,386
19	19 -- 20	1869,3		0,292	4788,71	127,474
20	20 -- 21	2159,0		0,231	4319,53	89,800
21	21 -- 22	2269,2		0,177	3422,84	53,649
22	22 -- 23	2379,4		0,130	2580,74	29,086
23	23 -- 24	2489,5		0,091	1818,23	13,799
24	24 -- 25	2599,7		0,058	1159,96	5,378
25	25 -- 26	2709,9		0,033	630,31	1,523
26	26 -- 27	2820,1		0,015	253,38	0,237
27	27 -- 28	2930,2		0,004	53,05	0,010
28			1099,3	0,000	0,00	0,000
				Som	169860	13380

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,57	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	749	0,989	0,700	0,69	513,22	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	331,77	2,03
3 -- 4	1507	0,880	2,155	1,67	2514,00	1,90
4 -- 5	199	0,837	0,695	0,49	96,82	0,58
5 -- 6	207	0,805	1,425	0,92	190,89	1,15
6 -- 7	217	0,762	1,425	0,83	179,99	1,09
7 -- 8	280	0,720	1,425	0,74	207,16	1,03
8 -- 9	293	0,679	1,425	0,66	192,93	0,97
9 -- 10	313	0,620	2,850	1,10	342,90	1,77
10 -- 11	4092	0,571	0,755	0,25	1006,30	0,43
11 -- 12	343	0,534	2,095	0,60	204,57	1,12
12 -- 13	366	0,472	2,850	0,63	232,18	1,35
13 -- 14	466	0,405	2,850	0,47	218,10	1,15
14 -- 15	1782	0,350	2,205	0,27	481,02	0,77
15 -- 16	510	0,320	0,645	0,07	33,72	0,21
16 -- 17	758	0,287	2,850	0,23	177,39	0,82
17 -- 18	1125	0,246	1,500	0,09	102,36	0,37
18 -- 19	630	0,222	1,350	0,07	41,83	0,30
19 -- 20	656	0,189	2,850	0,10	66,46	0,54
20 -- 21	758	0,147	2,850	0,06	46,82	0,42
21 -- 22	796	0,111	2,850	0,04	27,97	0,32
22 -- 23	835	0,080	2,850	0,02	15,16	0,23
23 -- 24	874	0,054	2,850	0,01	7,19	0,15
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,80	0,09
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,79	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1414	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,91	7234,46	19,53

m_e = 7234,5 / 11,9 = 607,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,57	Hz
b =	1,21	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	105,91	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 =	0,55	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,077	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,089	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,88	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,27	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,79	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,22	
R^2 =	1,04	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,46	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,53

$c_s c_d$ = 1,16

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,8	1,62E+06	0,80	0,83	0,66
2	47,6	1,73E+06	0,80	0,83	0,66
3	47,4	1,89E+06	0,80	0,83	0,66
4	47,2	1,99E+06	0,80	0,83	0,66
5	47,1	2,07E+06	0,80	0,83	0,66
6	46,9	2,18E+06	0,80	0,83	0,66
7	46,7	2,28E+06	0,80	0,83	0,66
8	46,5	2,38E+06	0,80	0,83	0,66
9	46,2	2,53E+06	0,79	0,83	0,66
10	46,0	2,65E+06	0,79	0,83	0,66
11	45,8	2,75E+06	0,79	0,83	0,66
12	45,4	2,91E+06	0,79	0,83	0,66
13	44,9	3,10E+06	0,79	0,83	0,66
14	44,5	3,25E+06	0,79	0,83	0,66
15	44,2	3,34E+06	0,79	0,83	0,65
16	43,8	3,44E+06	0,79	0,83	0,65
17	43,4	3,56E+06	0,79	0,83	0,65
18	43,0	3,64E+06	0,79	0,83	0,65
19	42,5	3,74E+06	0,79	0,83	0,65
20	41,7	3,87E+06	0,79	0,83	0,65
21	40,8	3,98E+06	0,78	0,83	0,65
22	39,8	4,07E+06	0,78	0,83	0,65
23	38,5	4,12E+06	0,78	0,83	0,65
24	36,9	4,12E+06	0,78	0,83	0,64
25	34,7	4,05E+06	0,77	0,83	0,64
26	31,4	3,80E+06	0,77	0,83	0,64
27	30,9	3,90E+06	0,77	0,83	0,64

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,300	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - Q en Q2		
1e traverse - 380C1F1	51,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,995	1			
3e traverse - 380C1F3	31,995	1			
Passieve run	27,000	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,300	1,459
1e traverse - 380C1F1	51,995	4,473
2e traverse - 380C1F2	41,995	4,598
3e traverse - 380C1F3	31,995	4,723
Passieve run	27,000	1,825

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,300	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	51,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,995	1			
3e traverse - 380C1F3	31,995	1			
Passieve run	27,000	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1029	105	1134	0,236	0,084	529	0,755
2	3387	323	3710	0,776	0,258	1695	0,789
3	3738	323	4062	0,853	0,259	1805	0,838
4	1279	104	1383	0,291	0,083	604	0,869
5	2734	214	2948	0,622	0,171	1271	0,892
6	2884	214	3098	0,655	0,171	1314	0,922
7	3777	214	3991	0,688	0,171	1356	0,952
8	3965	214	4179	0,721	0,171	1397	0,981
9	8494	428	8921	1,540	0,342	2913	1,022
10	2376	113	2489	0,430	0,091	797	1,055
11	6869	314	7183	1,242	0,251	2264	1,081
12	9996	428	10423	1,803	0,342	3198	1,122
13	12859	428	13286	1,934	0,342	3322	1,166
14	10567	331	10898	1,586	0,265	2647	1,200
15	3193	97	3290	0,479	0,077	786	1,218
16	14661	428	15089	2,194	0,342	3527	1,237
17	8961	225	9186	1,207	0,180	1887	1,258
18	8302	203	8505	1,117	0,162	1714	1,270
19	18265	428	18693	2,452	0,342	3656	1,283
20	21163	428	21590	2,580	0,342	3684	1,293
21	22264	428	22692	2,707	0,342	3681	1,292
22	23366	428	23794	2,833	0,342	3638	1,276
23	24468	428	24895	2,957	0,342	3542	1,243
24	25570	428	25997	3,077	0,342	3372	1,183
25	26671	428	27099	3,193	0,342	3088	1,083
26	27773	428	28201	3,296	0,342	2592	0,909
27	28875	428	29302	3,421	0,342	2605	0,914
	327487	8550	336037	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	62885

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1944	480	480	480	480
2	2 -- 3	2071	4452	4450	18488	5956
3	3 -- 4	2262				
4	4 -- 5	2388	34090	34072	58752	40106
5	5 -- 6	2482				
6	6 -- 7	2609				
7	7 -- 8	3361				
8	8 -- 9	3519				
9	9 -- 10	3756				
10	10 -- 11	3956				
11	11 -- 12	4114	34090	34072	58752	40106
12	12 -- 13	4389				
13	13 -- 14	5594				
14	14 -- 15	5931				
15	15 -- 16	6120	34090	34072	58752	40106
16	16 -- 17	6353				
17	17 -- 18	7349	7815	7815	7815	7815
18	18 -- 19	7560	9234	9230	37352	12244
19	19 -- 20	7871				
20	20 -- 21	9091				
21	21 -- 22	9555				
22	22 -- 23	10018				
23	23 -- 24	10482				
24	24 -- 25	10946				
25	25 -- 26	11410				
26	26 -- 27	11874				
27	27 -- 28	12338				
28			13192	13192	13192	13192

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2295 / 1515 , t = 60 mm ; G = 1099 kg
Flenzen op 28,5m : 2 * rond 1213 / 900 , t = 80 mm ; G = 651 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	755				
2	2 -- 3	789	10176	3240	12168	3354
3	3 -- 4	838				
4	4 -- 5	869	60112	21836	42312	21468
5	5 -- 6	892				
6	6 -- 7	922				
7	7 -- 8	952				
8	8 -- 9	981				
9	9 -- 10	1022				
10	10 -- 11	1055				
11	11 -- 12	1081	55920	21088	40160	20732
12	12 -- 13	1122				
13	13 -- 14	1166				
14	14 -- 15	1200				
15	15 -- 16	1218	50600	20146	37446	19802
16	16 -- 17	1237				
17	17 -- 18	1258				
18	18 -- 19	1270	14532	5508	19008	5780
19	19 -- 20	1283				
20	20 -- 21	1293				
21	21 -- 22	1292				
22	22 -- 23	1276				
23	23 -- 24	1243				
24	24 -- 25	1183				
25	25 -- 26	1083				
26	26 -- 27	909				
27	27 -- 28	914				
28						

KEMA rapport - bijlage Q2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1208				
2	2 -- 3	1262	14796	4302	17356	4514
3	3 -- 4	1340				
4	4 -- 5	1391	86756	28240	58878	28266
5	5 -- 6	1427				
6	6 -- 7	1476				
7	7 -- 8	1523				
8	8 -- 9	1569				
9	9 -- 10	1635				
10	10 -- 11	1689				
11	11 -- 12	1729	80508	27106	55648	27152
12	12 -- 13	1795				
13	13 -- 14	1865				
14	14 -- 15	1920				
15	15 -- 16	1949	72560	25676	51566	25746
16	16 -- 17	1980				
17	17 -- 18	2013				
18	18 -- 19	2032	20912	7092	26732	7588
19	19 -- 20	2053				
20	20 -- 21	2068				
21	21 -- 22	2067				
22	22 -- 23	2042				
23	23 -- 24	1988				
24	24 -- 25	1893				
25	25 -- 26	1733				
26	26 -- 27	1455				
27	27 -- 28	1463				
28						

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	529		0	0,00E+00	7,03E-03	227
2	2 -- 3	1695		529	2,10E+05	7,03E-03	222
3	3 -- 4	1805		2224	3,30E+06	7,01E-03	207
4	4 -- 5	604		4029	1,06E+07	6,94E-03	192
5	5 -- 6	1271		4633	1,39E+07	6,91E-03	187
6	6 -- 7	1314		5904	2,18E+07	6,81E-03	177
7	7 -- 8	1356		7218	3,16E+07	6,70E-03	168
8	8 -- 9	1397		8575	4,33E+07	6,58E-03	158
9	9 -- 10	2913		9972	5,71E+07	6,44E-03	149
10	10 -- 11	797		12885	9,08E+07	6,12E-03	131
11	11 -- 12	2264		13682	1,01E+08	6,03E-03	126
12	12 -- 13	3198		15946	1,34E+08	5,75E-03	114
13	13 -- 14	3322		19144	1,85E+08	5,32E-03	98
14	14 -- 15	2647		22466	2,46E+08	4,93E-03	84
15	15 -- 16	786		25112	3,01E+08	4,61E-03	73
16	16 -- 17	3527		25898	3,18E+08	4,51E-03	70
17	17 -- 18	1887		29425	3,99E+08	4,07E-03	58
18	18 -- 19	1714		31312	4,45E+08	3,86E-03	52
19	19 -- 20	3656		33026	4,90E+08	3,66E-03	47
20	20 -- 21	3684		36682	5,92E+08	3,23E-03	37
21	21 -- 22	3681		40367	7,03E+08	2,84E-03	28
22	22 -- 23	3638		44048	8,26E+08	2,44E-03	21
23	23 -- 24	3542		47685	9,58E+08	2,03E-03	15
24	24 -- 25	3372		51227	1,10E+09	1,63E-03	9
25	25 -- 26	3088		54600	1,25E+09	1,22E-03	5
26	26 -- 27	2592		57687	1,41E+09	8,09E-04	2
27	27 -- 28	2605		60279	1,58E+09	4,03E-04	1
28				62885	1,76E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,62E-02	1375
2	2 -- 3		10176	10176	1,65E+05	4,62E-02	1342
3	3 -- 4			10176	2,29E+07	4,60E-02	1243
4	4 -- 5		60112	70288	4,88E+07	4,57E-02	1144
5	5 -- 6			70288	9,90E+07	4,54E-02	1113
6	6 -- 7			70288	2,02E+08	4,47E-02	1048
7	7 -- 8			70288	3,05E+08	4,35E-02	985
8	8 -- 9			70288	4,08E+08	4,24E-02	924
9	9 -- 10			70288	5,12E+08	4,12E-02	865
10	10 -- 11			70288	7,20E+08	3,85E-02	751
11	11 -- 12		55920	126208	7,75E+08	3,77E-02	722
12	12 -- 13			126208	1,05E+09	3,55E-02	645
13	13 -- 14			126208	1,42E+09	3,22E-02	548
14	14 -- 15			126208	1,79E+09	2,93E-02	461
15	15 -- 16		50600	176808	2,08E+09	2,70E-02	399
16	16 -- 17			176808	2,19E+09	2,63E-02	381
17	17 -- 18			176808	2,71E+09	2,33E-02	310
18	18 -- 19		14532	191340	2,98E+09	2,19E-02	276
19	19 -- 20			191340	3,25E+09	2,06E-02	248
20	20 -- 21			191340	3,81E+09	1,78E-02	193
21	21 -- 22			191340	4,36E+09	1,53E-02	146
22	22 -- 23			191340	4,92E+09	1,29E-02	106
23	23 -- 24			191340	5,47E+09	1,05E-02	72
24	24 -- 25			191340	6,03E+09	8,21E-03	46
25	25 -- 26			191340	6,58E+09	6,02E-03	25
26	26 -- 27			191340	7,13E+09	3,93E-03	11
27	27 -- 28			191340	7,68E+09	1,92E-03	3
28	28 -- 29			191340	8,23E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,68E-02	504
2	2 -- 3		3240	3240	5,98E+04	1,68E-02	492
3	3 -- 4			3240	7,34E+06	1,67E-02	456
4	4 -- 5		21836	25076	1,58E+07	1,66E-02	420
5	5 -- 6			25076	3,37E+07	1,65E-02	409
6	6 -- 7			25076	7,04E+07	1,63E-02	385
7	7 -- 8			25076	1,07E+08	1,59E-02	362
8	8 -- 9			25076	1,44E+08	1,55E-02	340
9	9 -- 10			25076	1,81E+08	1,50E-02	318
10	10 -- 11			25076	2,55E+08	1,41E-02	277
11	11 -- 12		21088	46164	2,75E+08	1,38E-02	266
12	12 -- 13			46164	3,75E+08	1,30E-02	238
13	13 -- 14			46164	5,10E+08	1,18E-02	203
14	14 -- 15			46164	6,46E+08	1,08E-02	170
15	15 -- 16		20146	66310	7,51E+08	9,96E-03	148
16	16 -- 17			66310	7,95E+08	9,71E-03	141
17	17 -- 18			66310	9,89E+08	8,62E-03	115
18	18 -- 19		5508	71818	1,09E+09	8,08E-03	102
19	19 -- 20			71818	1,19E+09	7,60E-03	92
20	20 -- 21			71818	1,40E+09	6,59E-03	72
21	21 -- 22			71818	1,61E+09	5,67E-03	54
22	22 -- 23			71818	1,82E+09	4,77E-03	39
23	23 -- 24			71818	2,03E+09	3,89E-03	27
24	24 -- 25			71818	2,23E+09	3,05E-03	17
25	25 -- 26			71818	2,44E+09	2,24E-03	9
26	26 -- 27			71818	2,65E+09	1,46E-03	4
27	27 -- 28			71818	2,85E+09	7,13E-04	1
28				71818	3,06E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,64E-02	1068
2	2 -- 3		12168	12168	1,30E+05	3,64E-02	1043
3	3 -- 4			12168	2,70E+07	3,62E-02	965
4	4 -- 5		42312	54480	5,63E+07	3,58E-02	887
5	5 -- 6			54480	9,52E+07	3,56E-02	862
6	6 -- 7			54480	1,75E+08	3,49E-02	812
7	7 -- 8			54480	2,55E+08	3,39E-02	763
8	8 -- 9			54480	3,35E+08	3,30E-02	715
9	9 -- 10			54480	4,15E+08	3,20E-02	669
10	10 -- 11			54480	5,76E+08	2,98E-02	581
11	11 -- 12		40160	94640	6,19E+08	2,92E-02	559
12	12 -- 13			94640	8,24E+08	2,75E-02	499
13	13 -- 14			94640	1,10E+09	2,49E-02	425
14	14 -- 15			94640	1,38E+09	2,26E-02	357
15	15 -- 16		37446	132086	1,60E+09	2,08E-02	309
16	16 -- 17			132086	1,68E+09	2,03E-02	296
17	17 -- 18			132086	2,07E+09	1,80E-02	241
18	18 -- 19		19008	151094	2,27E+09	1,69E-02	215
19	19 -- 20			151094	2,48E+09	1,59E-02	192
20	20 -- 21			151094	2,92E+09	1,38E-02	150
21	21 -- 22			151094	3,36E+09	1,19E-02	113
22	22 -- 23			151094	3,80E+09	9,98E-03	82
23	23 -- 24			151094	4,24E+09	8,15E-03	56
24	24 -- 25			151094	4,68E+09	6,39E-03	36
25	25 -- 26			151094	5,11E+09	4,69E-03	20
26	26 -- 27			151094	5,55E+09	3,06E-03	9
27	27 -- 28			151094	5,98E+09	1,49E-03	2
28				151094	6,41E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,66E-02	499
2	2 -- 3		3354	3354	5,92E+04	1,66E-02	487
3	3 -- 4			3354	7,58E+06	1,66E-02	451
4	4 -- 5		21468	24822	1,62E+07	1,64E-02	416
5	5 -- 6			24822	3,40E+07	1,64E-02	404
6	6 -- 7			24822	7,04E+07	1,61E-02	381
7	7 -- 8			24822	1,07E+08	1,57E-02	358
8	8 -- 9			24822	1,43E+08	1,53E-02	336
9	9 -- 10			24822	1,80E+08	1,49E-02	315
10	10 -- 11			24822	2,53E+08	1,39E-02	274
11	11 -- 12		20732	45554	2,73E+08	1,37E-02	263
12	12 -- 13			45554	3,71E+08	1,29E-02	236
13	13 -- 14			45554	5,05E+08	1,17E-02	200
14	14 -- 15			45554	6,39E+08	1,07E-02	169
15	15 -- 16		19802	65356	7,43E+08	9,84E-03	146
16	16 -- 17			65356	7,86E+08	9,60E-03	140
17	17 -- 18			65356	9,77E+08	8,52E-03	114
18	18 -- 19		5780	71136	1,08E+09	7,99E-03	101
19	19 -- 20			71136	1,18E+09	7,52E-03	91
20	20 -- 21			71136	1,38E+09	6,51E-03	71
21	21 -- 22			71136	1,59E+09	5,60E-03	54
22	22 -- 23			71136	1,80E+09	4,71E-03	39
23	23 -- 24			71136	2,00E+09	3,85E-03	27
24	24 -- 25			71136	2,21E+09	3,02E-03	17
25	25 -- 26			71136	2,41E+09	2,21E-03	9
26	26 -- 27			71136	2,62E+09	1,44E-03	4
27	27 -- 28			71136	2,82E+09	7,05E-04	1
28				71136	3,03E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,25E-03	153
2	2 -- 3				-5,41E+06	7,25E-03	147
3	3 -- 4				-5,41E+06	7,33E-03	132
4	4 -- 5				1,22E+08	7,39E-03	116
5	5 -- 6				1,22E+08	7,03E-03	111
6	6 -- 7				1,22E+08	6,39E-03	101
7	7 -- 8				1,22E+08	5,84E-03	93
8	8 -- 9				1,22E+08	5,46E-03	85
9	9 -- 10				1,22E+08	5,13E-03	77
10	10 -- 11				1,22E+08	4,59E-03	63
11	11 -- 12				2,52E+08	4,47E-03	60
12	12 -- 13				2,52E+08	3,86E-03	51
13	13 -- 14				2,52E+08	3,18E-03	41
14	14 -- 15				2,52E+08	2,72E-03	33
15	15 -- 16				3,86E+08	2,42E-03	27
16	16 -- 17				3,86E+08	2,30E-03	25
17	17 -- 18				3,86E+08	1,82E-03	20
18	18 -- 19				3,72E+08	1,63E-03	17
19	19 -- 20				3,72E+08	1,47E-03	15
20	20 -- 21				3,72E+08	1,17E-03	11
21	21 -- 22				3,72E+08	9,47E-04	8
22	22 -- 23				3,72E+08	7,51E-04	6
23	23 -- 24				3,72E+08	5,82E-04	4
24	24 -- 25				3,72E+08	4,34E-04	2
25	25 -- 26				3,72E+08	3,05E-04	1
26	26 -- 27				3,72E+08	1,91E-04	1
27	27 -- 28				3,72E+08	8,98E-05	0
28					3,72E+08	0,00E+00	0

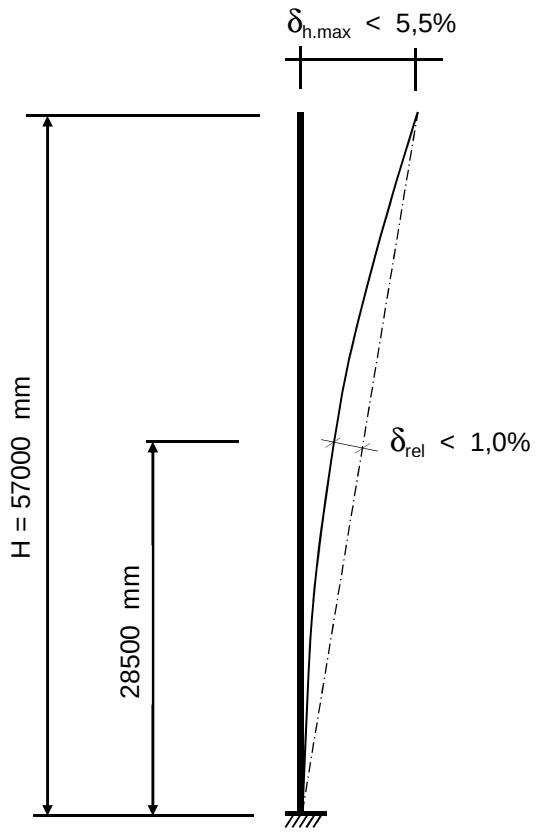
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,0E-02	1754
2	2 -- 3	6,0E-02	1712
3	3 -- 4	6,0E-02	1582
4	4 -- 5	6,0E-02	1452
5	5 -- 6	5,9E-02	1411
6	6 -- 7	5,8E-02	1327
7	7 -- 8	5,6E-02	1246
8	8 -- 9	5,4E-02	1167
9	9 -- 10	5,3E-02	1091
10	10 -- 11	4,9E-02	945
11	11 -- 12	4,8E-02	908
12	12 -- 13	4,5E-02	810
13	13 -- 14	4,1E-02	688
14	14 -- 15	3,7E-02	577
15	15 -- 16	3,4E-02	499
16	16 -- 17	3,3E-02	477
17	17 -- 18	2,9E-02	388
18	18 -- 19	2,7E-02	345
19	19 -- 20	2,6E-02	310
20	20 -- 21	2,2E-02	241
21	21 -- 22	1,9E-02	182
22	22 -- 23	1,6E-02	132
23	23 -- 24	1,3E-02	91
24	24 -- 25	1,0E-02	57
25	25 -- 26	7,5E-03	32
26	26 -- 27	4,9E-03	14
27	27 -- 28	2,4E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1754 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,08 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 17 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 388 mm
α = 1,76 graden

δ_{rel} = 489 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,86 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	793	480	0	0,00E+00	1,09E-02	354
2	2 -- 3	2543	6293	846	2,96E+05	1,09E-02	346
3	3 -- 4	2707	10745	3558	5,03E+06	1,09E-02	322
4	4 -- 5	906	49709	6446	1,58E+07	1,08E-02	299
5	5 -- 6	1907	51368	7413	2,06E+07	1,07E-02	292
6	6 -- 7	1972	54906	9447	3,26E+07	1,06E-02	277
7	7 -- 8	2035	58623	11550	4,76E+07	1,04E-02	262
8	8 -- 9	2096	63413	13720	6,56E+07	1,02E-02	247
9	9 -- 10	4369	68427	15955	8,67E+07	1,00E-02	232
10	10 -- 11	1195	79132	20616	1,39E+08	9,52E-03	205
11	11 -- 12	3396	116209	21891	1,55E+08	9,38E-03	197
12	12 -- 13	4797	124829	25513	2,05E+08	8,94E-03	178
13	13 -- 14	4983	137337	30630	2,85E+08	8,28E-03	154
14	14 -- 15	3970	153280	35945	3,79E+08	7,68E-03	131
15	15 -- 16	1178	200448	40180	4,63E+08	7,18E-03	114
16	16 -- 17	5290	204395	41437	4,90E+08	7,03E-03	110
17	17 -- 18	2831	230316	47079	6,16E+08	6,35E-03	91
18	18 -- 19	2571	250574	50099	6,89E+08	6,02E-03	81
19	19 -- 20	5484	260780	52842	7,58E+08	5,72E-03	73
20	20 -- 21	5527	283212	58692	9,17E+08	5,06E-03	58
21	21 -- 22	5522	309120	64587	1,09E+09	4,44E-03	45
22	22 -- 23	5457	336350	70476	1,29E+09	3,82E-03	33
23	23 -- 24	5313	364903	76297	1,49E+09	3,18E-03	23
24	24 -- 25	5058	394777	81964	1,72E+09	2,55E-03	15
25	25 -- 26	4632	425974	87359	1,96E+09	1,91E-03	8
26	26 -- 27	3888	458492	92300	2,22E+09	1,27E-03	4
27	27 -- 28	3908	492333	96447	2,49E+09	6,33E-04	1
28			540688	100616	2,77E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,48E-02	1930
2	2 -- 3		14796	14796	0,00E+00	6,48E-02	1885
3	3 -- 4			14796	3,18E+07	6,45E-02	1745
4	4 -- 5		86756	101552	6,37E+07	6,40E-02	1607
5	5 -- 6			101552	1,34E+08	6,37E-02	1563
6	6 -- 7			101552	2,79E+08	6,26E-02	1472
7	7 -- 8			101552	4,24E+08	6,10E-02	1384
8	8 -- 9			101552	5,68E+08	5,95E-02	1298
9	9 -- 10			101552	7,13E+08	5,78E-02	1215
10	10 -- 11			101552	1,00E+09	5,40E-02	1055
11	11 -- 12		80508	182060	1,08E+09	5,30E-02	1015
12	12 -- 13			182060	1,46E+09	4,99E-02	907
13	13 -- 14			182060	1,98E+09	4,52E-02	771
14	14 -- 15			182060	2,50E+09	4,11E-02	648
15	15 -- 16		72560	254620	2,90E+09	3,79E-02	561
16	16 -- 17			254620	3,06E+09	3,70E-02	536
17	17 -- 18			254620	3,79E+09	3,28E-02	437
18	18 -- 19		20912	275532	4,17E+09	3,07E-02	389
19	19 -- 20			275532	4,54E+09	2,89E-02	349
20	20 -- 21			275532	5,33E+09	2,50E-02	272
21	21 -- 22			275532	6,11E+09	2,15E-02	205
22	22 -- 23			275532	6,90E+09	1,81E-02	149
23	23 -- 24			275532	7,68E+09	1,48E-02	102
24	24 -- 25			275532	8,47E+09	1,16E-02	64
25	25 -- 26			275532	9,26E+09	8,49E-03	36
26	26 -- 27			275532	1,00E+10	5,53E-03	16
27	27 -- 28			275532	1,08E+10	2,71E-03	4
28				275532	1,16E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,11E-02	634
2	2 -- 3		4302	4302	0,00E+00	2,11E-02	619
3	3 -- 4			4302	9,25E+06	2,10E-02	574
4	4 -- 5		28240	32542	1,85E+07	2,09E-02	528
5	5 -- 6			32542	4,11E+07	2,08E-02	514
6	6 -- 7			32542	8,75E+07	2,04E-02	485
7	7 -- 8			32542	1,34E+08	1,99E-02	456
8	8 -- 9			32542	1,80E+08	1,94E-02	428
9	9 -- 10			32542	2,27E+08	1,89E-02	400
10	10 -- 11			32542	3,19E+08	1,77E-02	348
11	11 -- 12		27106	59648	3,44E+08	1,74E-02	335
12	12 -- 13			59648	4,69E+08	1,64E-02	300
13	13 -- 14			59648	6,39E+08	1,49E-02	255
14	14 -- 15			59648	8,09E+08	1,35E-02	214
15	15 -- 16		25676	85324	9,40E+08	1,25E-02	186
16	16 -- 17			85324	9,95E+08	1,22E-02	178
17	17 -- 18			85324	1,24E+09	1,08E-02	145
18	18 -- 19		7092	92416	1,37E+09	1,02E-02	129
19	19 -- 20			92416	1,49E+09	9,57E-03	116
20	20 -- 21			92416	1,75E+09	8,29E-03	90
21	21 -- 22			92416	2,02E+09	7,13E-03	68
22	22 -- 23			92416	2,28E+09	6,00E-03	49
23	23 -- 24			92416	2,54E+09	4,90E-03	34
24	24 -- 25			92416	2,81E+09	3,84E-03	21
25	25 -- 26			92416	3,07E+09	2,82E-03	12
26	26 -- 27			92416	3,34E+09	1,84E-03	5
27	27 -- 28			92416	3,60E+09	9,00E-04	1
28				92416	3,86E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,94E-02	1451
2	2 -- 3		17356	17356	0,00E+00	4,94E-02	1416
3	3 -- 4			17356	3,73E+07	4,92E-02	1310
4	4 -- 5		58878	76234	7,47E+07	4,86E-02	1204
5	5 -- 6			76234	1,28E+08	4,83E-02	1171
6	6 -- 7			76234	2,36E+08	4,73E-02	1103
7	7 -- 8			76234	3,45E+08	4,60E-02	1036
8	8 -- 9			76234	4,54E+08	4,47E-02	971
9	9 -- 10			76234	5,62E+08	4,34E-02	909
10	10 -- 11			76234	7,80E+08	4,04E-02	789
11	11 -- 12		55648	131882	8,37E+08	3,96E-02	759
12	12 -- 13			131882	1,11E+09	3,72E-02	678
13	13 -- 14			131882	1,49E+09	3,37E-02	577
14	14 -- 15			131882	1,87E+09	3,07E-02	485
15	15 -- 16		51566	183448	2,16E+09	2,83E-02	420
16	16 -- 17			183448	2,27E+09	2,76E-02	402
17	17 -- 18			183448	2,80E+09	2,45E-02	327
18	18 -- 19		26732	210180	3,07E+09	2,30E-02	292
19	19 -- 20			210180	3,36E+09	2,16E-02	262
20	20 -- 21			210180	3,95E+09	1,87E-02	204
21	21 -- 22			210180	4,55E+09	1,61E-02	154
22	22 -- 23			210180	5,15E+09	1,36E-02	112
23	23 -- 24			210180	5,75E+09	1,11E-02	77
24	24 -- 25			210180	6,35E+09	8,69E-03	48
25	25 -- 26			210180	6,95E+09	6,38E-03	27
26	26 -- 27			210180	7,55E+09	4,17E-03	12
27	27 -- 28			210180	8,15E+09	2,04E-03	3
28				210180	8,75E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,13E-02	638
2	2 -- 3		4514	4514	0,00E+00	2,13E-02	623
3	3 -- 4			4514	9,71E+06	2,12E-02	578
4	4 -- 5		28266	32780	1,94E+07	2,10E-02	532
5	5 -- 6			32780	4,22E+07	2,09E-02	518
6	6 -- 7			32780	8,89E+07	2,06E-02	488
7	7 -- 8			32780	1,36E+08	2,01E-02	459
8	8 -- 9			32780	1,82E+08	1,96E-02	431
9	9 -- 10			32780	2,29E+08	1,90E-02	403
10	10 -- 11			32780	3,22E+08	1,78E-02	351
11	11 -- 12		27152	59932	3,47E+08	1,75E-02	337
12	12 -- 13			59932	4,73E+08	1,65E-02	302
13	13 -- 14			59932	6,44E+08	1,50E-02	257
14	14 -- 15			59932	8,14E+08	1,36E-02	216
15	15 -- 16		25746	85678	9,47E+08	1,26E-02	187
16	16 -- 17			85678	1,00E+09	1,23E-02	179
17	17 -- 18			85678	1,25E+09	1,09E-02	146
18	18 -- 19		7588	93266	1,37E+09	1,02E-02	130
19	19 -- 20			93266	1,50E+09	9,63E-03	117
20	20 -- 21			93266	1,77E+09	8,35E-03	91
21	21 -- 22			93266	2,03E+09	7,19E-03	69
22	22 -- 23			93266	2,30E+09	6,05E-03	50
23	23 -- 24			93266	2,56E+09	4,94E-03	34
24	24 -- 25			93266	2,83E+09	3,87E-03	22
25	25 -- 26			93266	3,10E+09	2,84E-03	12
26	26 -- 27			93266	3,36E+09	1,85E-03	5
27	27 -- 28			93266	3,63E+09	9,07E-04	1
28				93266	3,89E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,70E-03	183
2	2 -- 3				-6,49E+06	8,70E-03	177
3	3 -- 4				-6,49E+06	8,79E-03	158
4	4 -- 5				1,46E+08	8,86E-03	139
5	5 -- 6				1,46E+08	8,44E-03	133
6	6 -- 7				1,46E+08	7,67E-03	122
7	7 -- 8				1,46E+08	7,01E-03	111
8	8 -- 9				1,46E+08	6,55E-03	102
9	9 -- 10				1,46E+08	6,16E-03	92
10	10 -- 11				1,46E+08	5,51E-03	76
11	11 -- 12				3,03E+08	5,37E-03	72
12	12 -- 13				3,03E+08	4,63E-03	61
13	13 -- 14				3,03E+08	3,82E-03	49
14	14 -- 15				3,03E+08	3,26E-03	39
15	15 -- 16				4,64E+08	2,91E-03	32
16	16 -- 17				4,64E+08	2,76E-03	30
17	17 -- 18				4,64E+08	2,19E-03	23
18	18 -- 19				4,47E+08	1,95E-03	20
19	19 -- 20				4,47E+08	1,76E-03	18
20	20 -- 21				4,47E+08	1,41E-03	13
21	21 -- 22				4,47E+08	1,14E-03	10
22	22 -- 23				4,47E+08	9,01E-04	7
23	23 -- 24				4,47E+08	6,98E-04	4
24	24 -- 25				4,47E+08	5,21E-04	3
25	25 -- 26				4,47E+08	3,66E-04	1
26	26 -- 27				4,47E+08	2,29E-04	1
27	27 -- 28				4,47E+08	1,08E-04	0
28					4,47E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,29	17,59	26,89
3	3 -- 4	10,74	18,36	30,35
4	4 -- 5	49,71	108,00	314,97
5	5 -- 6	51,37	108,96	369,30
6	6 -- 7	54,91	111,00	481,32
7	7 -- 8	58,62	113,10	617,27
8	8 -- 9	63,41	115,27	779,99
9	9 -- 10	68,43	117,51	945,84
10	10 -- 11	79,13	122,17	1287,38
11	11 -- 12	116,21	203,95	1536,83
12	12 -- 13	124,83	207,57	1967,90
13	13 -- 14	137,34	212,69	2566,77
14	14 -- 15	153,28	218,01	3180,51
15	15 -- 16	200,45	294,80	3826,88
16	16 -- 17	204,40	296,06	4017,43
17	17 -- 18	230,32	301,70	4869,23
18	18 -- 19	250,57	325,63	5307,19
19	19 -- 20	260,78	328,37	5748,65
20	20 -- 21	283,21	334,22	6692,85
21	21 -- 22	309,12	340,12	7653,79
22	22 -- 23	336,35	346,01	8631,52
23	23 -- 24	364,90	351,83	9625,93
24	24 -- 25	394,78	357,50	10636,72
25	25 -- 26	425,97	362,89	11663,27
26	26 -- 27	458,49	367,83	12704,55
27	27 -- 28	492,33	371,98	13758,78
28		540,69	376,15	14824,86

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 8 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 7

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 748	26,89	6,29	42	27,2	835,6	0,03
2	500 / 748	30,35	10,74	130	32,0	1024,9	0,03
3	500 / 748	314,97	49,71	130	323,1	1234,1	0,27
4	500 / 748	369,30	51,37	41	379,5	1305,7	0,30
5	500 / 748	481,32	54,91	84	496,1	1458,8	0,35
6	500 / 748	617,27	58,62	81	636,9	1620,4	0,40
7	749 / 999	779,99	63,41	79	804,6	2211,3	0,37
8	749 / 999	945,84	68,43	76	975,7	2433,2	0,41
9	749 / 999	1287,38	79,13	146	1328,7	2908,9	0,46
10	749 / 999	1536,83	116,21	37	1582,4	3042,0	0,53
11	749 / 999	1967,90	124,83	98	2025,7	3427,0	0,60
12	749 / 999	2566,77	137,34	123	2641,4	3987,6	0,67
13	999 / 1213	3180,51	153,28	111	3272,2	5462,4	0,61
14	999 / 1213	3826,88	200,45	78	3934,2	6054,7	0,66
15	999 / 1213	4017,43	204,40	22	4129,2	6233,8	0,67
16	999 / 1213	4869,23	230,32	89	5001,5	7056,1	0,72
17	1213/ 1355	5307,19	250,57	42	5450,1	8303,6	0,67
18	1213/ 1355	5748,65	260,78	36	5900,9	8769,2	0,68
19	1213/ 1355	6692,85	283,21	68	6864,5	9793,8	0,71
20	1355/ 1925	7653,79	309,12	59	7843,6	11912,0	0,67
21	1355/ 1925	8631,52	336,35	50	8838,2	13161,0	0,68
22	1355/ 1925	9625,93	364,90	42	9847,8	14472,2	0,69
23	1355/ 1925	10636,72	394,78	33	10871,8	15845,8	0,70
24	1355/ 1925	11663,27	425,97	25	11909,2	17281,6	0,70
25	1355/ 1925	12704,55	458,49	18	12958,6	18779,6	0,70
26	1355/ 1925	13758,78	492,33	10	14018,0	20340,0	0,70
27	1355/ 1925	14824,86	540,69	3	15086,0	21962,6	0,70

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,13	0,81	355	355
571	12,0	47,60	0,81	355	355
625	12,0	52,09	0,81	355	355
643	12,0	53,54	0,81	355	355
678	12,0	56,51	0,81	355	355
714	12,0	59,48	0,81	355	355
749	15,0	49,96	0,81	355	355
785	15,0	52,33	0,81	355	355
856	15,0	57,08	0,81	355	355
875	15,0	58,34	0,81	355	355
928	15,0	61,83	0,81	346	355
999	15,0	66,58	0,81	329	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1125	18,0	62,51	0,81	343	355
1141	18,0	63,40	0,81	340	355
1213	18,0	67,36	0,81	326	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1284	20,0	64,19	0,81	337	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1426	22,0	64,83	0,81	335	355
1498	22,0	68,07	0,81	324	355
1569	22,0	71,31	0,81	314	355
1640	22,0	74,55	0,81	305	355
1711	22,0	77,78	0,81	297	355
1783	22,0	81,02	0,81	289	355
1854	22,0	84,26	0,81	282	355
1925	22,0	87,50	0,81	276	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 748	11,95	0,34	355	355	0,03
2	500 / 748	12,25	0,54	355	355	0,04
3	500 / 748	101,76	2,25	355	355	0,29
4	500 / 748	106,12	2,19	355	355	0,31
5	500 / 748	127,52	2,25	355	355	0,37
6	500 / 748	146,95	2,27	355	355	0,42
7	749 / 999	135,73	1,88	355	355	0,39
8	749 / 999	149,23	1,93	355	355	0,43
9	749 / 999	176,95	2,08	355	355	0,50
10	749 / 999	188,83	2,90	355	355	0,54
11	749 / 999	222,53	2,99	355	346	0,64
12	749 / 999	253,30	3,07	355	329	0,72
13	999 / 1213	227,96	2,67	355	355	0,65
14	999 / 1213	242,70	3,28	355	343	0,69
15	999 / 1213	238,59	3,24	355	340	0,68
16	999 / 1213	267,46	3,51	355	326	0,76
17	1213/ 1355	240,33	3,29	355	343	0,69
18	1213/ 1355	245,44	3,33	355	337	0,70
19	1213/ 1355	262,75	3,47	355	325	0,75
20	1355/ 1925	246,18	3,27	355	335	0,70
21	1355/ 1925	250,43	3,38	355	324	0,72
22	1355/ 1925	253,17	3,49	355	314	0,72
23	1355/ 1925	254,73	3,61	355	305	0,73
24	1355/ 1925	255,36	3,73	355	297	0,73
25	1355/ 1925	255,25	3,85	355	289	0,73
26	1355/ 1925	254,52	3,97	355	282	0,73
27	1355/ 1925	253,29	4,19	355	276	0,73

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

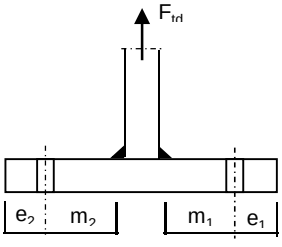
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

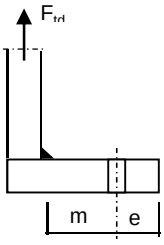
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

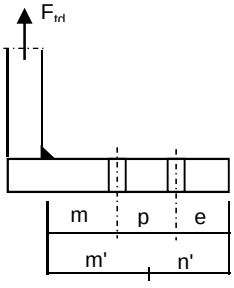
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	546,79	6,72	28	M 48 - 8,8	848,4	0,64
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1020,00					
1020,00	24	786,03	12,57	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,74

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2085,00	1721,00	73,2	103,0	91,5			193,1
2085,00	1721,00	73,2	105,0	91,5			233,9
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1020,00	1020,0	69,5	60,0	60,0			133,5
1020,00	1020,0	71,5	60,0	60,0			133,5

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	5,82E+07	3180,82	1649,57	1696,90	1649,57	1093,58	0,66
60	7,05E+07	3853,58	1799,07	1696,90	1696,90	1093,58	0,64
flenzen op 28,5 m hoogte.							
80	7,16E+07	2060,57	1044,32	1060,56	1044,32	786,03	0,75
80	7,16E+07	2002,90	1028,43	1060,56	1028,43	786,03	0,76
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1925	0,57	1,213	0,18	3,82

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1385	1,000		1,000			
2	1355	0,979	1 -- 2	0,989	113	411	749,2
3	1264	0,913	2 -- 3	0,946	371		172,6
4	1173	0,847	3 -- 4	0,880	406	2840	1506,5
5	1144	0,826	4 -- 5	0,837	138		199,0
6	1085	0,783	5 -- 6	0,805	295		206,9
7	1026	0,741	6 -- 7	0,762	310		217,4
8	969	0,700	7 -- 8	0,720	399		280,1
9	913	0,659	8 -- 9	0,679	418		293,3
10	804	0,581	9 -- 10	0,620	892		313,0
11	777	0,561	10 -- 11	0,571	249	2840	4091,8
12	702	0,507	11 -- 12	0,534	718		342,9
13	606	0,437	12 -- 13	0,472	1042		365,7
14	517	0,373	13 -- 14	0,405	1329		466,2
15	452	0,327	14 -- 15	0,350	1090	2840	1782,4
16	434	0,314	15 -- 16	0,320	329		510,0
17	359	0,259	16 -- 17	0,287	1509	651	757,9
18	323	0,233	17 -- 18	0,246	919	769	1125,4
19	292	0,210	18 -- 19	0,222	850		630,0
20	231	0,167	19 -- 20	0,189	1869		655,9
21	177	0,128	20 -- 21	0,147	2159		757,6
22	130	0,094	21 -- 22	0,111	2269		796,2
23	91	0,066	22 -- 23	0,080	2379		834,9
24	58	0,042	23 -- 24	0,054	2490		873,5
25	33	0,024	24 -- 25	0,033	2600		912,2
26	15	0,011	25 -- 26	0,017	2710		950,8
27	4	0,003	26 -- 27	0,007	2820		989,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	2930	1099	1413,9

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	749	0,989	0,700	0,69	513,22	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	331,77	2,03
3 -- 4	1507	0,880	2,155	1,67	2514,00	1,90
4 -- 5	199	0,837	0,695	0,49	96,82	0,58
5 -- 6	207	0,805	1,425	0,92	190,89	1,15
6 -- 7	217	0,762	1,425	0,83	179,99	1,09
7 -- 8	280	0,720	1,425	0,74	207,16	1,03
8 -- 9	293	0,679	1,425	0,66	192,93	0,97
9 -- 10	313	0,620	2,850	1,10	342,90	1,77
10 -- 11	4092	0,571	0,755	0,25	1006,30	0,43
11 -- 12	343	0,534	2,095	0,60	204,57	1,12
12 -- 13	366	0,472	2,850	0,63	232,18	1,35
13 -- 14	466	0,405	2,850	0,47	218,10	1,15
14 -- 15	1782	0,350	2,205	0,27	481,02	0,77
15 -- 16	510	0,320	0,645	0,07	33,72	0,21
16 -- 17	758	0,287	2,850	0,23	177,39	0,82
17 -- 18	1125	0,246	1,500	0,09	102,36	0,37
18 -- 19	630	0,222	1,350	0,07	41,83	0,30
19 -- 20	656	0,189	2,850	0,10	66,46	0,54
20 -- 21	758	0,147	2,850	0,06	46,82	0,42
21 -- 22	796	0,111	2,850	0,04	27,97	0,32
22 -- 23	835	0,080	2,850	0,02	15,16	0,23
23 -- 24	874	0,054	2,850	0,01	7,19	0,15
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,80	0,09
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,79	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1414	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,91	7234,46	19,53

m_e = 7234,5 / 11,9 = 607,5 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1925	607,5	0,030	1,25	1,213	19,8

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 19,8

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,53 / (4 * π * 11,91) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,213 * 3,82 / $15*10^{-6}$ = 3,1E+05

C_{lat} = 0,67

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 7,28 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,47 / 19,53 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,050 * 0,131 * 0,33 * 0,6717782 = 0,045

$y_{F;max}$ = 1,213 * 0,045 = 0,055 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		69869	69869	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			69869	4,89E+07	4,7E-02	967
3	3 -- 4			69869	1,99E+08	4,5E-02	868
4	4 -- 5			69869	3,50E+08	4,2E-02	774
5	5 -- 6			69869	3,98E+08	4,1E-02	745
6	6 -- 7			69869	4,98E+08	3,9E-02	688
7	7 -- 8			69869	5,97E+08	3,6E-02	635
8	8 -- 9			69869	6,97E+08	3,4E-02	584
9	9 -- 10			69869	7,97E+08	3,2E-02	537
10	10 -- 11			69869	9,96E+08	2,8E-02	451
11	11 -- 12			69869	1,05E+09	2,7E-02	430
12	12 -- 13			69869	1,19E+09	2,4E-02	376
13	13 -- 14			69869	1,39E+09	2,1E-02	311
14	14 -- 15			69869	1,59E+09	1,8E-02	255
15	15 -- 16			69869	1,75E+09	1,6E-02	217
16	16 -- 17			69869	1,79E+09	1,6E-02	207
17	17 -- 18			69869	1,99E+09	1,3E-02	165
18	18 -- 19			69869	2,10E+09	1,2E-02	146
19	19 -- 20			69869	2,19E+09	1,1E-02	130
20	20 -- 21			69869	2,39E+09	9,6E-03	100
21	21 -- 22			69869	2,59E+09	8,1E-03	75
22	22 -- 23			69869	2,79E+09	6,7E-03	53
23	23 -- 24			69869	2,99E+09	5,4E-03	36
24	24 -- 25			69869	3,19E+09	4,1E-03	23
25	25 -- 26			69869	3,39E+09	3,0E-03	13
26	26 -- 27			69869	3,58E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			69869	3,78E+09	9,4E-04	1
28	28 -- 29			69869	3,98E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	518	12,0	2353797	21	0,0548	2,3
2	571	12,0	2887106	69	0,0548	7,6
3	625	12,0	3476303	101	0,0548	11,0
4	643	12,0	3677990	108	0,0548	11,9
5	678	12,0	4109316	121	0,0548	13,3
6	714	12,0	4564563	131	0,0548	14,3
7	749	15,0	6228977	112	0,0548	12,3
8	785	15,0	6854068	116	0,0548	12,7
9	856	15,0	8193960	122	0,0548	13,3
10	875	15,0	8568954	122	0,0548	13,4
11	928	15,0	9653464	124	0,0548	13,6
12	999	15,0	11232581	124	0,0548	13,6
13	1070	18,0	15386965	104	0,0548	11,3
14	1125	18,0	17055575	102	0,0548	11,2
15	1141	18,0	17559914	102	0,0548	11,2
16	1213	18,0	19876399	100	0,0548	11,0
17	1250	20,0	23390527	90	0,0548	9,8
18	1284	20,0	24701975	89	0,0548	9,7
19	1355	20,0	27588103	87	0,0548	9,5
20	1426	22,0	33554965	77	0,0548	8,5
21	1498	22,0	37073186	75	0,0548	8,2
22	1569	22,0	40766840	73	0,0548	8,0
23	1640	22,0	44635926	71	0,0548	7,8
24	1711	22,0	48680445	70	0,0548	7,6
25	1783	22,0	52900396	68	0,0548	7,4
26	1854	22,0	57295781	66	0,0548	7,2
27	1925	22,0	61866598	64	0,0548	7,1

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,57 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,82 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 53,3625 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,6 m/s

V_o = 31,6 * 20 / 100 = 6,32 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,57 * [3,82 / 6,32]^2 * \exp[-(3,82 / 6,32)^2]$ = 1,38E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

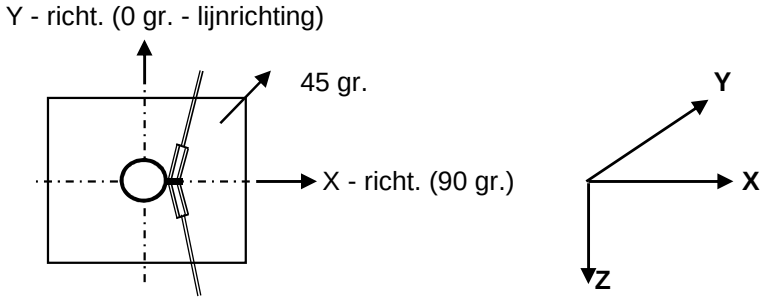
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	aantal	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		span.wissl.	< 1
3	Lasnaad	9,07	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		13,23					
5	Lasnaad	14,24	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		15,93					
7	Lasnaad	17,21	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		14,72					
9	Lasnaad	15,29	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
10	Lasnaad	15,98	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		16,09					
12	Lasnaad	16,28	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
13	Lasnaad	16,32	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
14	Lasnaad	13,62	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
15	Lasnaad	13,47	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	13,18	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01
19	Lasnaad	11,66	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
20	Lasnaad	11,39	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
21	Lasnaad	10,15	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
22	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
23	Lasnaad	9,64	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
24	Lasnaad	9,39	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
25	Lasnaad	9,15	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
26	Lasnaad	8,91	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
27	Lasnaad	8,69	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
28	voetplaat	8,47	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			425			
2 - Windbelasting mast	101				2767	
3 - Belasting geval 1a	276		116		12058	
4 - Belasting geval 1b	92		116		4308	
5 - Belasting geval 3	210		232		9462	
6 - Belasting geval 4	93		139		4415	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	376		**541**		**14825**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	111		541		4827	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	238		657		10240	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	112		563		4934	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	10160	kNm	14825	kNm	14825	kNm
Dwarskracht	254	kN	376	kN	376	kN
Verticale kracht	451	kN	541	kN	406	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	546,79	6,72	28	M 48 - 8,8	848,45	0,64
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	373,30	4,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,44

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 546,8 kN

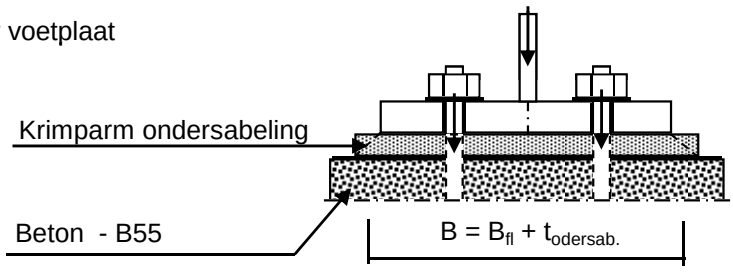
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 373,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 566,1 + 1,00 * 373,3 = 939,4 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

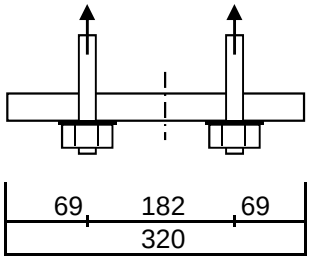
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	1903	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 91812 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring



D = 1903 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 320 * 2*π*D / n = 68325 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,0 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring

$L_{uitkr.}$ = 69 mm
L_{veld} = 182 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 38101 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1457 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 28170 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 38101 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1457 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 38101 / 79875,0 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 169,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1457 / 6149 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 48,6 N/mm^2

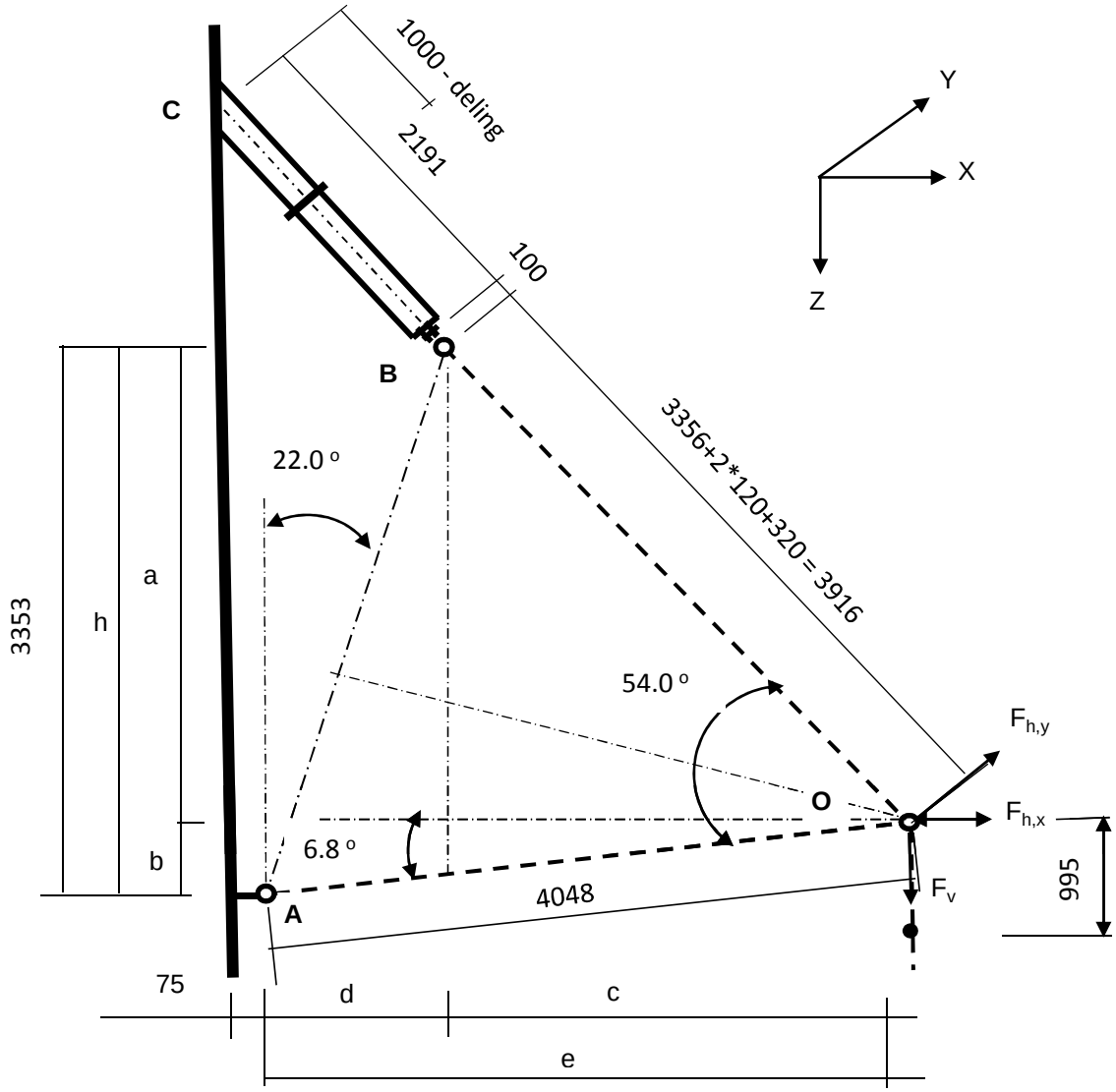
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (169,3^2 + 3*48,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 189 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	43378	264457	17059	43378	-264457	17059
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	29439	267163	29382	29439	-267163	29382
BG 1a - (+wind (45 gr))	22543	183132	17049	25846	-195119	17051
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18822	244963	29377	20489	-247581	29378

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	34118	±	86756	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58764	±	58878	0
BG 1a - (wind (45 gr))	34100	±	48389	-11987
BG 3 - (wind (45) + ijs)	58755	±	39311	-2618

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	49,7	0,00	-5,9	37,1	0,00	40,0
BG 1a - (-wind (90 gr))	-106,6	0,00	12,7	19,8	0,00	21,4
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,0	0,00	-0,5	54,9	0,00	59,2
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,0	0,00	12,2	43,2	0,00	46,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	15,1	-10,27	-1,8	33,2	-1,71	35,9
BG 1a - (-wind (45 gr))	-72,0	-10,27	8,6	23,6	-1,71	25,5
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-13,6	-2,24	1,6	52,9	-0,37	57,1
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-84,4	-2,24	10,1	45,1	-0,37	48,7

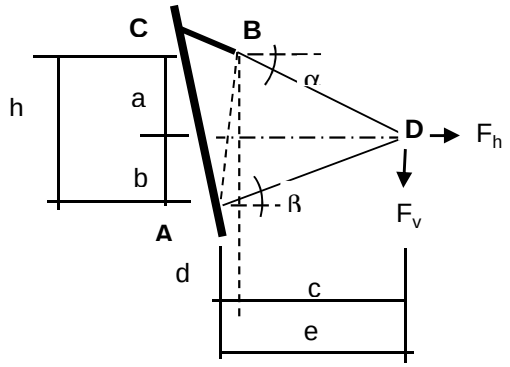
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

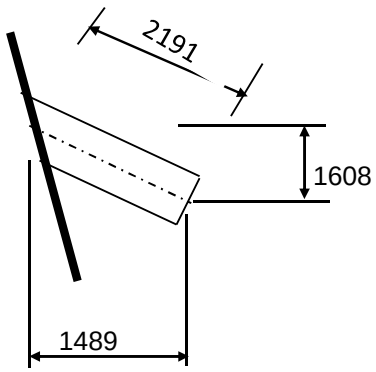
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,08	0,00	40,04	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	19,82	0,00	21,41	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,86	0,00	59,24	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,15	0,00	46,60	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,25	-1,71	35,91	0,00	-2,55
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,63	-1,71	25,51	0,00	-2,55
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,91	-0,37	57,13	0,00	-0,56
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,09	-0,37	48,69	0,00	-0,56

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	28432	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



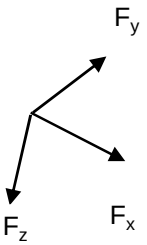


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	28,43	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-1,64	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-0,86	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	61,64	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	27,57	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	61,64	kN
$F_{z,Ed}$ =	9,76	kN
$F_{x,Ed}$ =	25,78	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
25,78	61,64	9,76	91,76	21,39	135,05

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $54{,}9^2$ + $59{,}2^2$ }^{0,5} = 80,74 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 80,74 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,6 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,55	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,8	N/mm²
N_{Ed} =	48,94	kN ;	σ_N =	4,0	N/mm²
			σ_{max} =	6,8	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	25,78	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,1	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,39	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,3	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	135,05	/	217	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		147,3	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	91,76	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		50,0	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 61,64 / 835 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 9,76 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,6 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 23,3^2 + 149,4^2 \}^{0,5} = 151,2$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 175 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

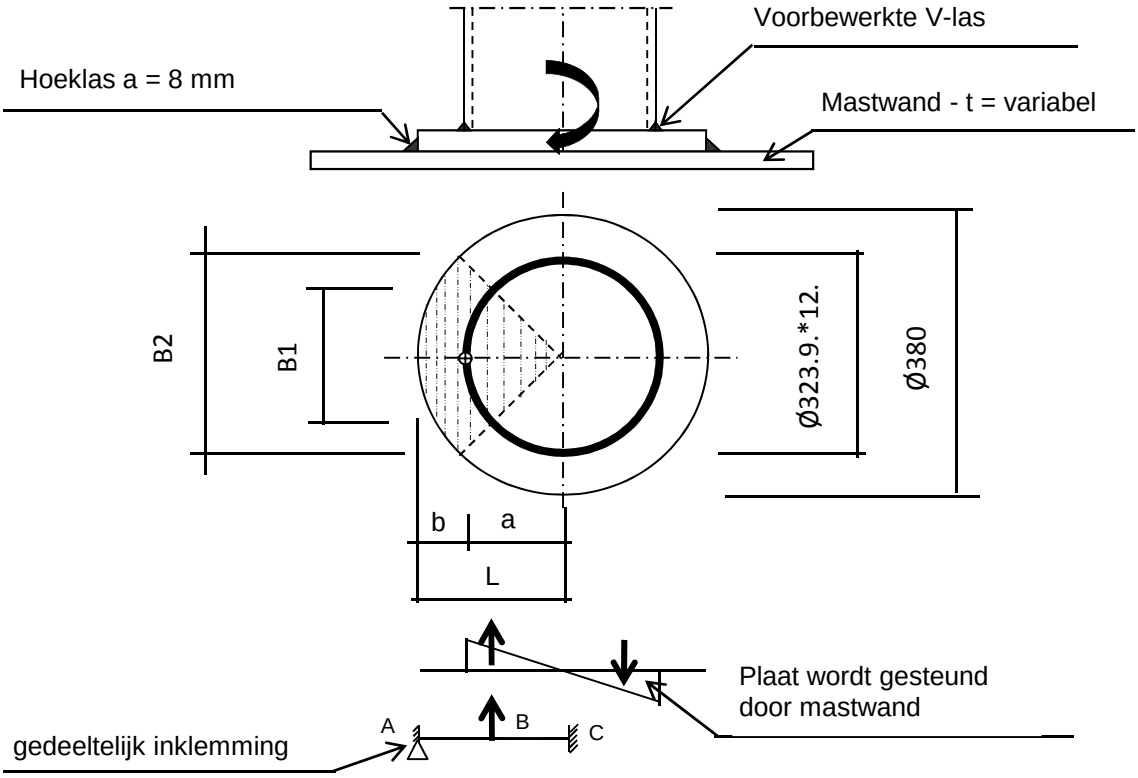
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 136,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 389,2 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 — 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,52 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 303,6 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 7,93 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,34 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 366,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 7,9 * 32,0% = 2,54 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,5 * 68,0% + 2,3 * 32,0% = 6,54 kNm

$R_{A;Ed}$ = 303,6 * 68,0% + 366,3 * 32,0% = 323,7 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,54 / 11,04 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 54,4 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,54 / 9,41 = 0,70 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 164,6 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 323,7 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 43,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 50,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 186,7 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 120,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 95,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 120,3 + 95,9 = 216,1 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 120,3 - 95,9 = 24,4 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 220,2 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 220,2 / 302,2 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 216,1 / 244,8 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 56,549 m hoogte (380 kV op 51,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	511	12,0	18822	S355	355	2295451
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,29 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,032

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 400,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 400,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 163,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 163,1 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 163,1 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,5496 m hoogte (380 kV op 41m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	761	15,0	35167	S355	355	6434268
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,50

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ =	65,92	kN	drukkracht
$M_{0,Ed}$ =	834,81	kNm	

} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,37 of n_p = -0,360

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,85

$M_{ip,1,Rd}$ = 392,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 392,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 145,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 145,9 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 145,9 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 36,549 m hoogte (380 kV op 31,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1011	18,0	56168	S355	355	13703604
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,38

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 145,31 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2673,24 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,542

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$M_{ip,1,Rd}$ = 390,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 390,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 157,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 157,0 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

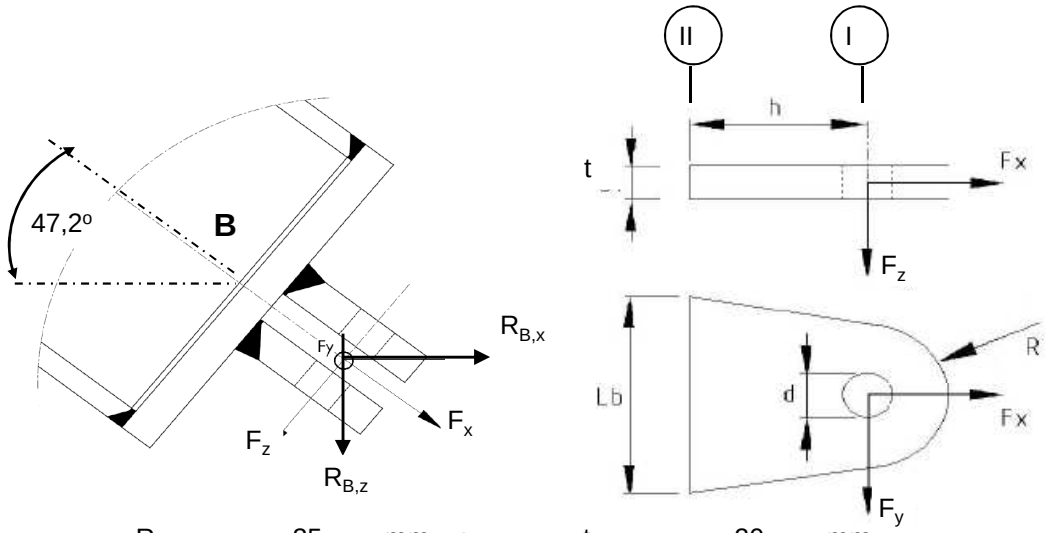
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 157,0 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,08	0,00	40,04	54,57	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	19,82	0,00	21,41	29,18	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,86	0,00	59,24	80,74	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,15	0,00	46,60	63,51	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,25	-1,71	35,91	48,94	-1,71	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,63	-1,71	25,51	34,77	-1,71	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,91	-0,37	57,13	77,87	-0,37	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,09	-0,37	48,69	66,36	-0,37	0,000
BG bundelbreuk	0,00	61,64	27,57	25,78	61,64	9,762

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 40,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 44 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	12,89	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,390	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,76	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,233	kNm
$V_{y,Ed}$ =	30,82	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	12,89	/	947	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		3,2	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,23	/	32	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,39	/	3,2	=	0,12	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		29,3	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	9,76	/	547	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		2,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	30,82	/	547	=	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2	

$\sigma_{b,max}$ = 41,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 44 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

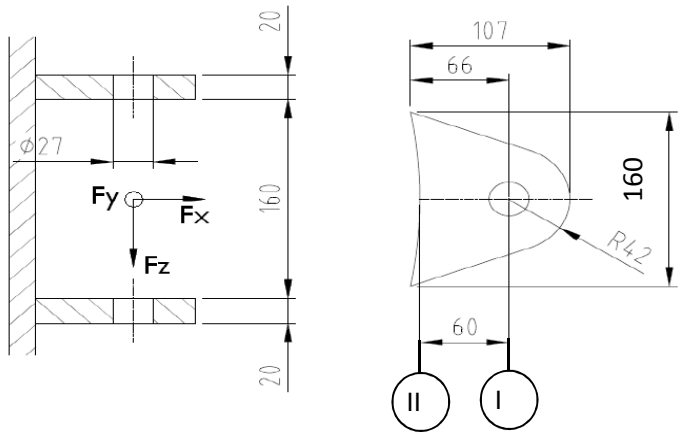
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	49,68	0,00	-5,92	49,68	0,00	5,92
BG 1a - (-wind (90 gr))	-106,58	0,00	12,71	106,58	0,00	12,71
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,02	0,00	-0,48	4,02	0,00	0,48
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,03	0,00	12,17	102,03	0,00	12,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	15,14	-10,27	-1,81	15,14	10,27	1,81
BG 1a - (-wind (45 gr))	-72,01	-10,27	8,59	72,01	10,27	8,59
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-13,60	-2,24	1,62	13,60	2,24	1,62
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-84,40	-2,24	10,06	84,40	2,24	10,06
BG bundelbreuk	0,00	-1,64	-0,86	0,00	1,64	0,86

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 53,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 47 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	53,29	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,763	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	53,29	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		16,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,76	/	2,5	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		71,5	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	12,71	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		4,0	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 88,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 88 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 26,6 + 32,7 = 59,3 kN

σ_1 =	52,4	N/mm^2	
τ_1 =	52,4	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	104,9	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	104,9	/	302,2	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	52,4	/	244,8	=	0,21	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2191 - 1000 = 1191 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
25,78	61,64	9,76	49,88	11,63	73,41

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 74,3 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 62,4 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 39,8 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 98,5 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 98,51 / 203 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 39,78 / 136 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,64 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 264,6 kN

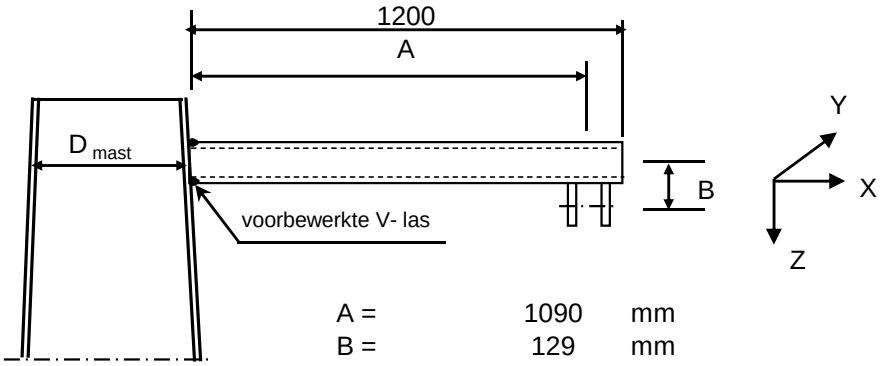
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 169,4 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,58 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	56,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	7398	42270	2228	7398	-42270	2228
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8678	68065	9247	8678	-68065	9247
BG 1a - (+wind (45 gr))	3719	27068	2227	4308	-29443	2227
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5332	62378	9245	5860	-63049	9245

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	14,796	0	4,456	0,00	6,77	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17,356	0	18,494	0,00	22,40	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,027	2,375	4,454	0,31	5,89	2,59
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,192	0,671	18,49	0,09	21,60	0,73

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,40	/	36	=	0,61	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		145,3	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	17,36	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,3	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,49	/	275	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,2	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 145,3 + 4,3 = 149,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,4	12,0	18601	S355	355	2241249
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,29 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,033

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,40 / 42,1 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 21,0 kNm

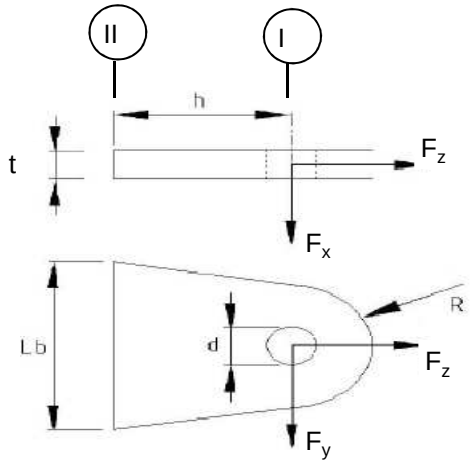
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,59 / 21,0 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	14,80	0,00	4,46
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17,36	0,00	18,49
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,03	2,38	4,45
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,19	0,67	18,49

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 9,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	8	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	9,25	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,677	kNm
$V_{x,Ed}$ =	8,68	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,25	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,9	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,68	/	1,9	=	0,36	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		84,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	8,68	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,6	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 89 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

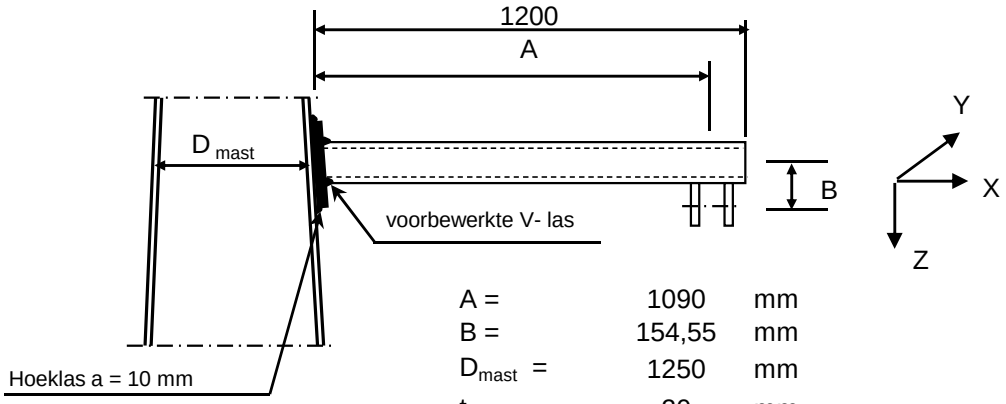
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,6 + 29,0 = 33,6 kN

σ_1 =	39,6	N/mm^2	
τ_1 =	39,6	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	79,3	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 79,3 / 302,2 =	0,26	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 39,6 / 244,8 =	0,16	< 1,0 -- Voldoet	

9.3 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	27	m

Buisgegevens

Buis Ø219,7 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	10456	67128	4620	10456	-67128	4620
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	13366	129367	18679	13366	-129367	18679
BG 1a - (+wind (45 gr))	5531	47908	4618	6308	-50647	4618
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8939	123915	18677	9640	-124532	18677

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,912	0	9,24	0,00	13,30	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,732	0	37,358	0,00	44,85	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,839	2,739	9,236	0,42	11,90	2,99
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,579	0,617	37,354	0,10	43,59	0,67

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	44,85	/	64	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		166,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	26,73	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	37,36	/	362	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		14,1	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 166,0 + 5,0 = 171,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 173 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

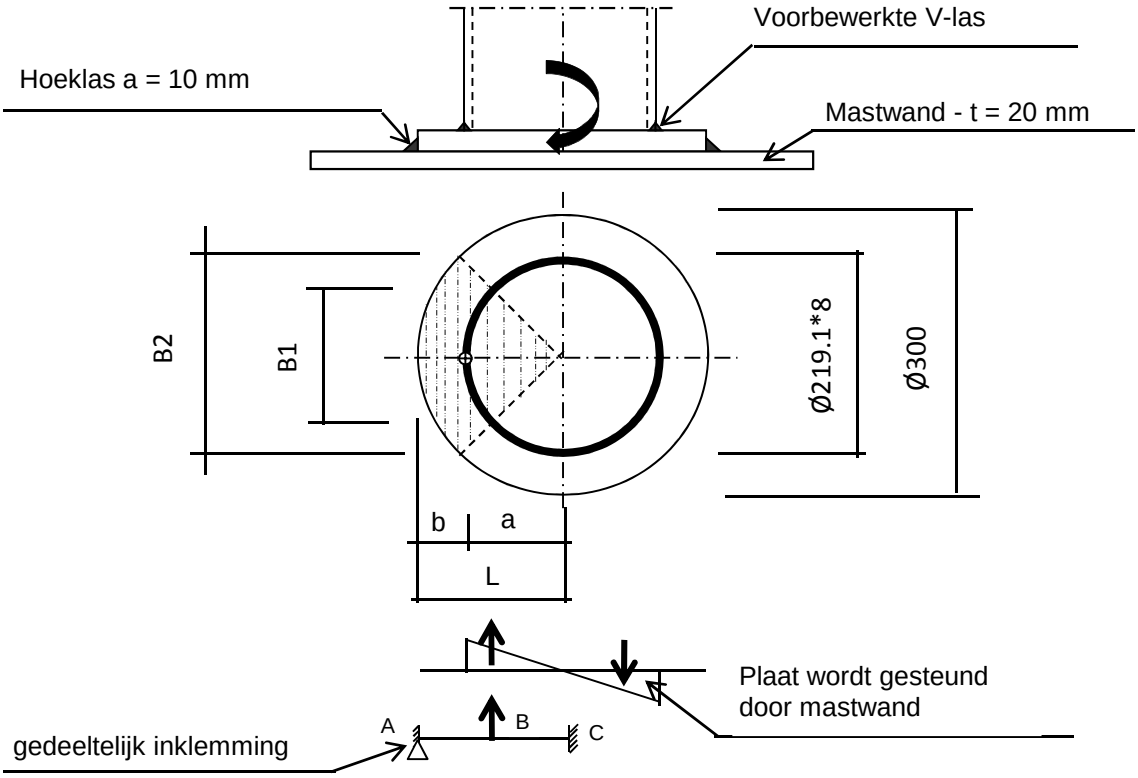
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 20 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 44,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 188,0 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 50,0%
Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 4,60 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 113,8 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,06 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,19 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 154,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 50,0% + 4,1 * 50,0% = 2,03 kNm

$M_{B;Ed} =$ 4,6 * 50,0% + 2,2 * 50,0% = 3,39 kNm

$R_{A;Ed} =$ 113,8 * 50,0% + 154,3 * 50,0% = 134,0 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 5,58 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 4,07 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,03 / 5,58 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 86,1 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 3,39 / 4,07 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 197,3 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 134,0 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 28,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 38,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 208,5 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 121,7 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 40,2 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	121,7	+	40,2	=	161,9	N/mm^2	
$\tau_{1,max}$ =	121,7	-	40,2	=	81,5	N/mm^2	
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	214,8	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	214,8	/	302,2	=	0,71	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	161,9	/	244,8	=	0,66	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1250,0	20,0	77283	S355	355	23390527
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,24

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 250,57 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 5307,19 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,65 of n_p = -0,630

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,68

$M_{ip,1,Rd}$ = 125,6 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 44,85 / 125,6 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 64,7 kNm

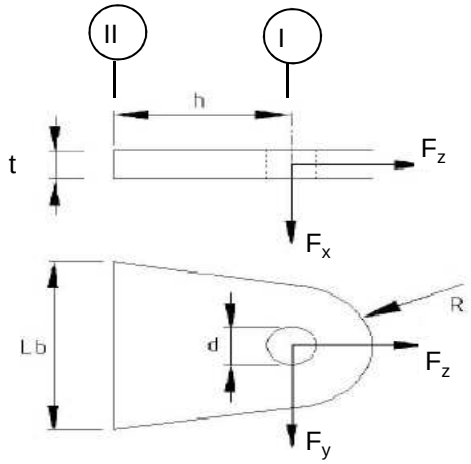
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,99 / 64,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,91	0,00	9,24
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,73	0,00	37,36
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,84	2,74	9,24
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,58	0,62	37,35

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 18,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 16 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	18,68	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,829	kNm
$V_{z,Ed}$ =	13,37	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	18,68	/	568	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,83	/	1,9	=	0,44	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		103,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	13,37	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		5,6	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 112 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

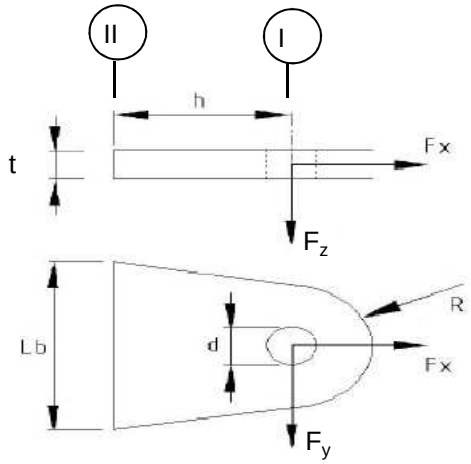
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 9,3 + 35,5 = 44,9 kN

σ_1 =	52,9	N/mm^2	
τ_1 =	52,9	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	105,7	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 105,7 / 302,2 =	0,35	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 52,9 / 244,8 =	0,22	< 1,0 -- Voldoet	

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	42,43	/	521	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,3	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	2,33	/	10	=	0,24	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		57,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	42,43	/	301	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		19,3	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,30	/	10	=	0,35	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		81,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	60,00	/	301	=	0,20	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		27,3	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1912,5	22,0	130662	S355	355	61052011
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 540,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 14824,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,70 of $n_p =$ -0,672

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,65

$N_{1,Rd} =$ 375,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 375,4 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 41,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 41,3 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

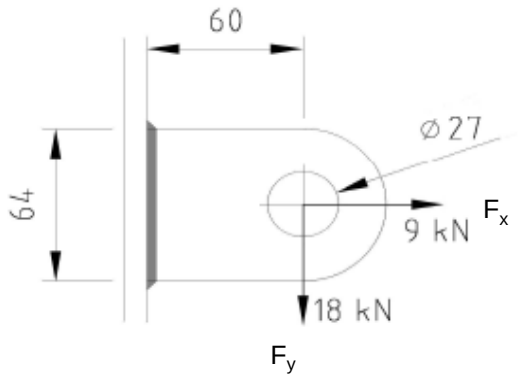
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1175,3	18,0	65445	S355	355	18649855
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 217,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4421,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,68 of $n_p =$ -0,658

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,66

$N_{1,Rd} =$ 256,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 256,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 16,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 16,4 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 49,987 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	675,3	12,0	25007	S355	355	4074549
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 53,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 512,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,36 of $n_p =$ -0,348

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,85

$N_{1,Rd} =$ 148,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 148,8 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,5 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

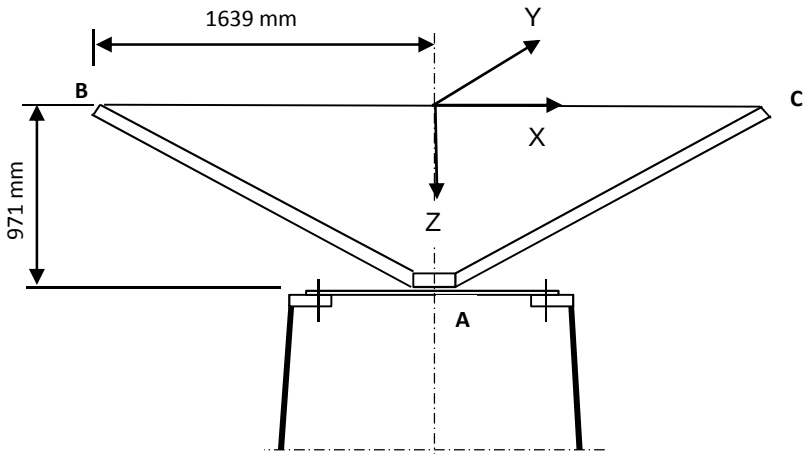
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



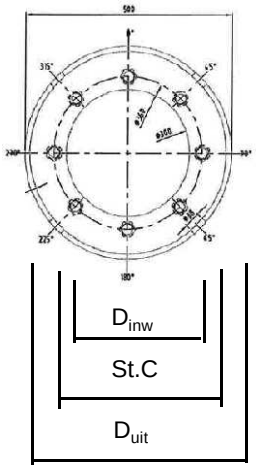
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm²
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

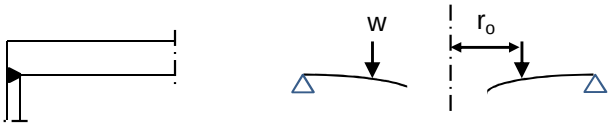
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

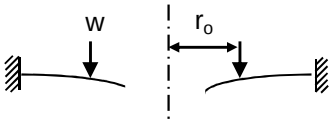
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

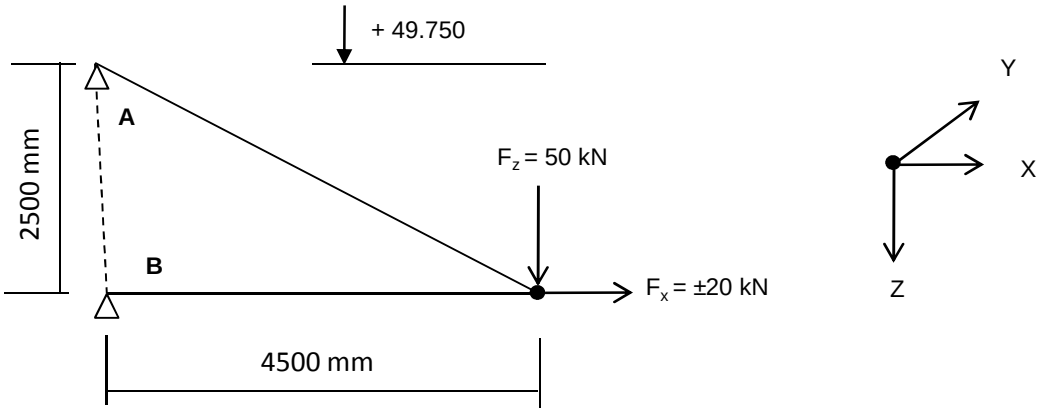
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

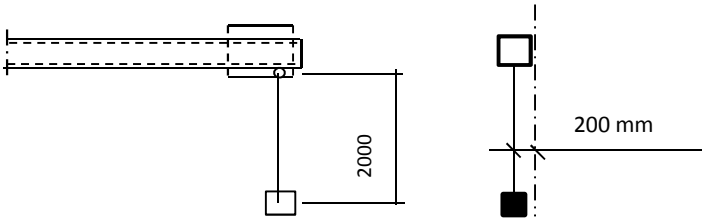
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 55,75 / 53,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

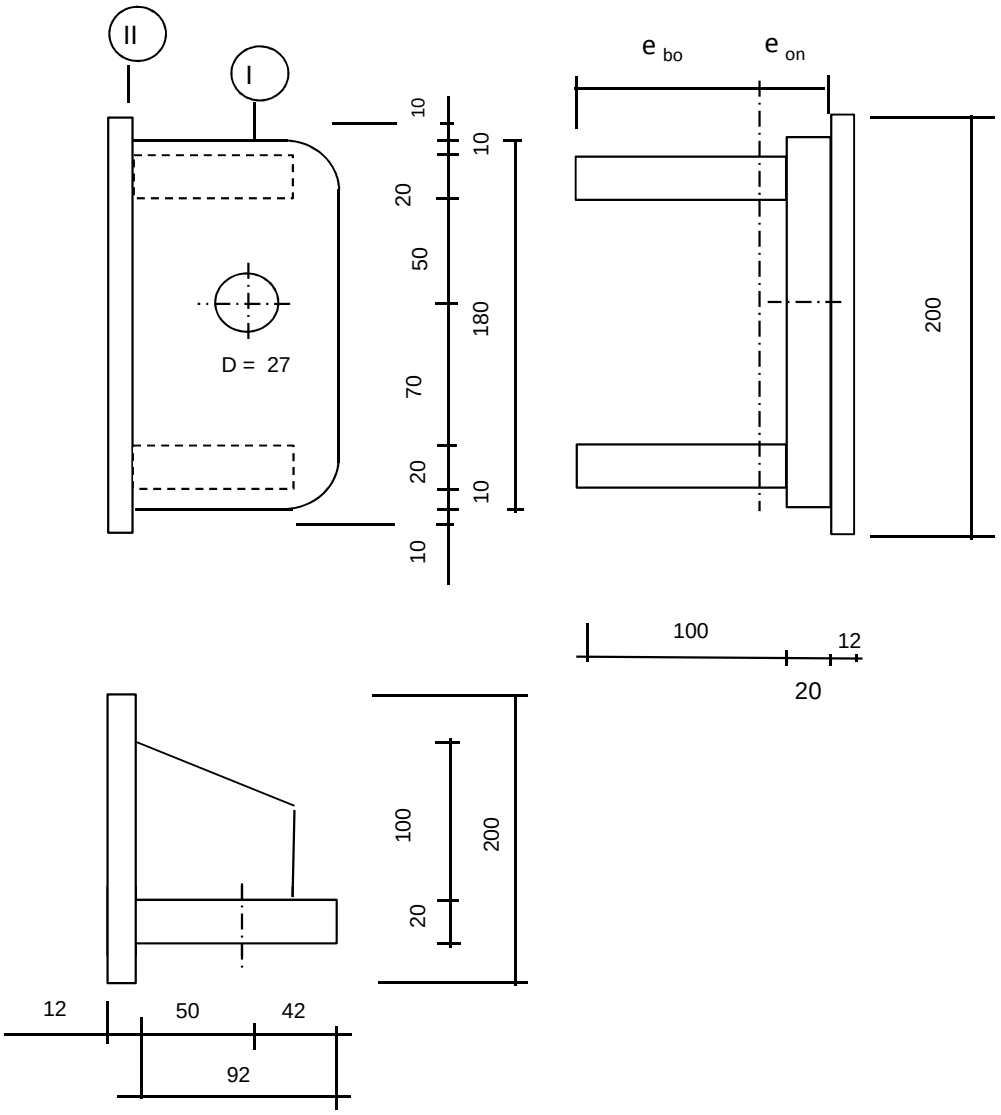
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 110,0 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

$N_{Ed} =$ 90,00 kN

$V_{z,Ed} =$ 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 3,4 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 90,00 / 1799 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 11,8 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 3,40 / 26 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 31,1 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} =$ 6,87 / 31 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,z} =$ 52,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 492 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 13,9 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 11,8 + 24,2 + 52,5 \} =$ 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

$N_{Ed} =$ 110,00 kN

$V_{z,Ed} =$ 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 1,1 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 110,00 / 1799 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 14,5 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 1,10 / 26 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 10,0 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} =$ 9,59 / 31 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,z} =$ 73,2 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

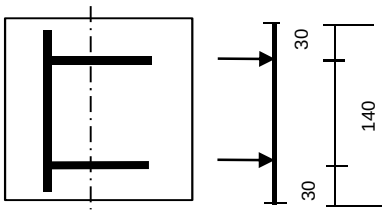
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_2 =			27,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0 -- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_2 =			0,0	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0 -- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

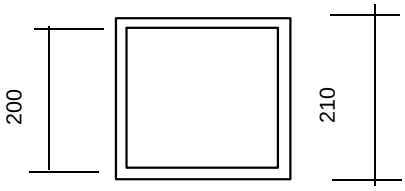
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +55,750 / 53,250

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	594	12,0	21931	S355	355	3126522
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,35

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,35

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 10,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 46,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,04 of $n_p =$ -0,041

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 237,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 237,9 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,0 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

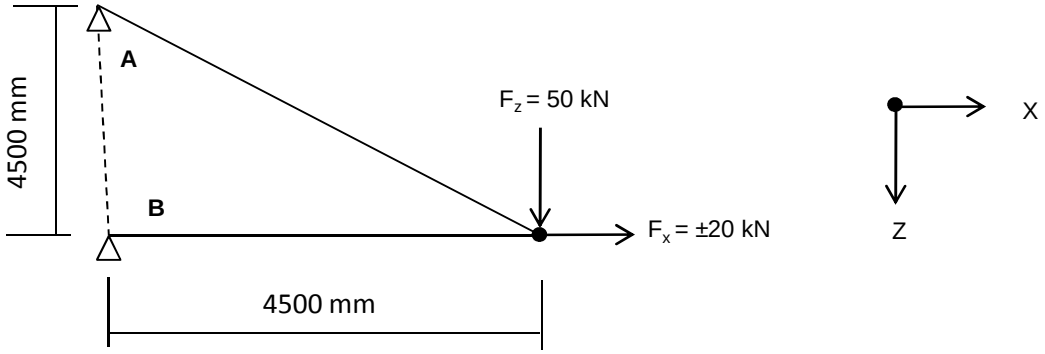
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 51,33 / 46,83 en 41,33 / 36,83

Hijsbalk 4,5m op 51,33 / 46,83 en 41,33 / 36,83

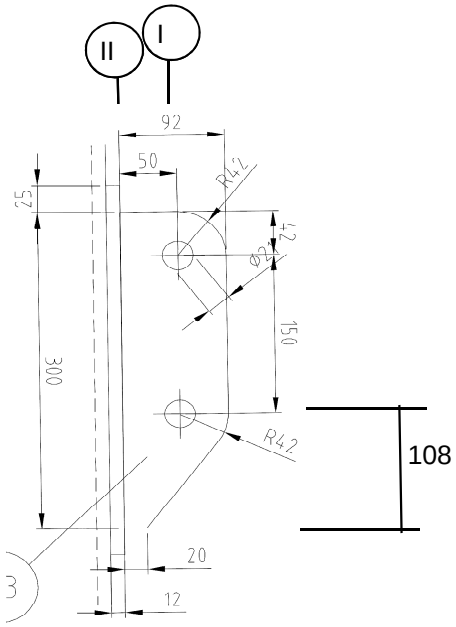


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
50,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 70,7 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 62 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 50,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 4,60 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 50,00 / 1420 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 8,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 4,60 / 71 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 15,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 8,3 + 15,3 \} =$ 23,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 28 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_2 = 0				16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			72,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	72,9	/	302,2 =	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	33,5	/	244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +51,33 / 46,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	642	12,0	23741	S355	355	3669167
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 50,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 386,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,30 of $n_p =$ -0,291

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,88

$N_{1,Rd} =$ 167,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 167,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 50,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 50,3 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,600 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +41,33 / 36,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	892	15,0	41316	S355	355	8906200
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,34 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,34

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1672,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,54 of $n_p =$ -0,522

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,75

$N_{1,Rd} =$ 217,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 217,3 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 65,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 65,2 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

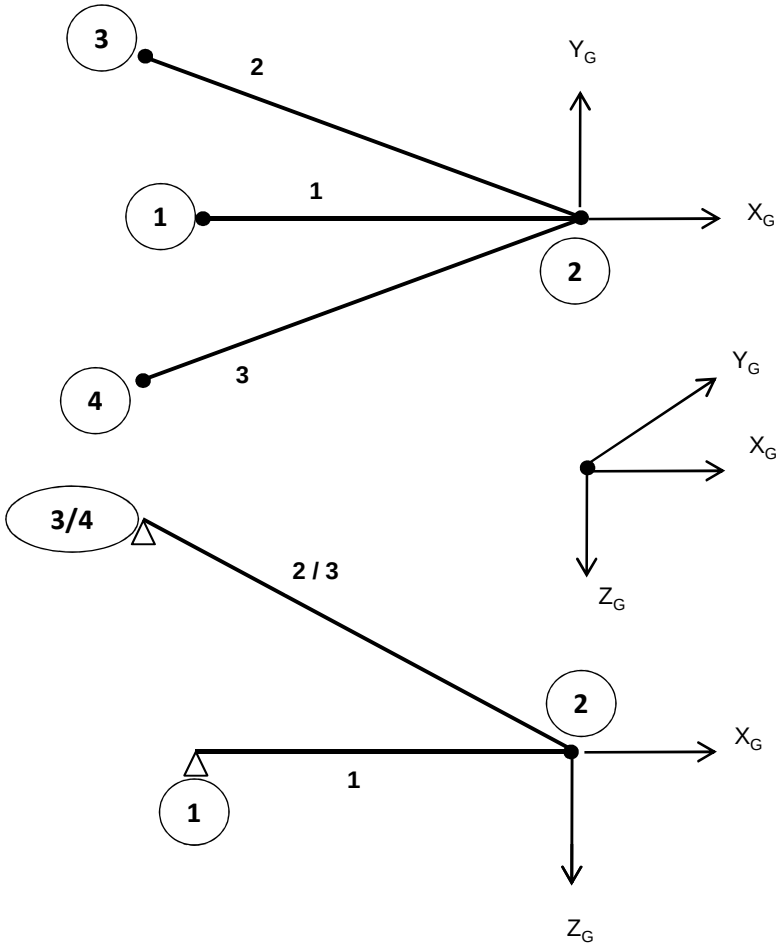
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN
BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven	factor =	1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2 t/m	2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m	2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m	2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	8.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

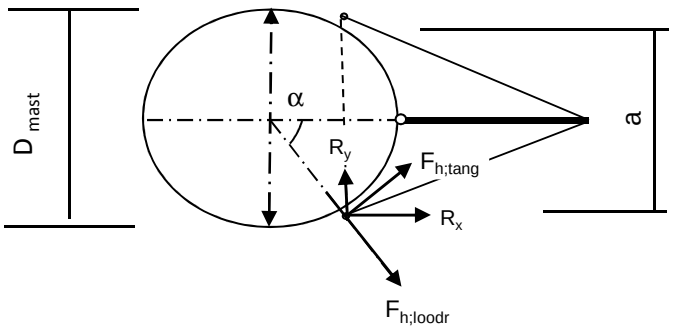
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	51330	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	52487	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	52487	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	41330	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	42487	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	42487	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	31330	1142	18	55,18	0,00	-0,20
3	32487	1113	18	50,84	-11,50	34,00
4	32487	1113	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed}$ = R_x * Cosα + R_y * Sinα

$F_{h,tang,Ed}$ = R_x * Sinα + R_y * Cosα

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	51330	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	52487	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	52487	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	41330	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	42487	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	42487	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	31330	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	32487	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	32487	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 51,330 en 41,330m hoogte
Clip type 16,3 - 31,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 52,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 42,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

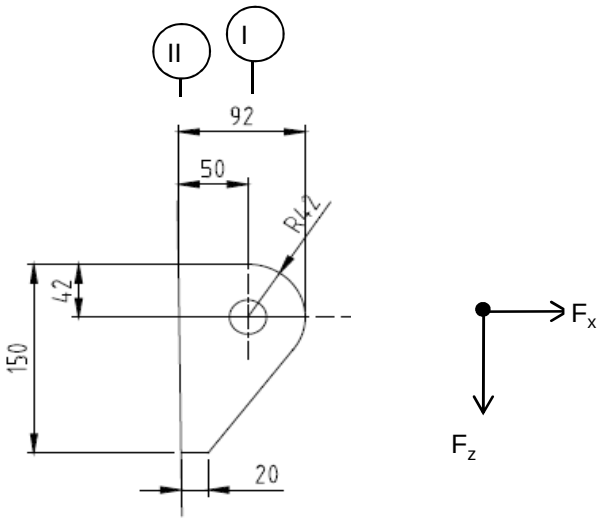
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 32,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 52,487m, 42,487m en 32,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 51,330 en 41,330m hoogte

en clip type16,3 op 31,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2	
τ_1 =	60,5	N/mm^2	
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2	
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +29396 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	18,0	63547	S355	355	17575670
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 202,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3922,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,620

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,69

$N_{1,Rd} =$ 272,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 272,0 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 40,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 40,8 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

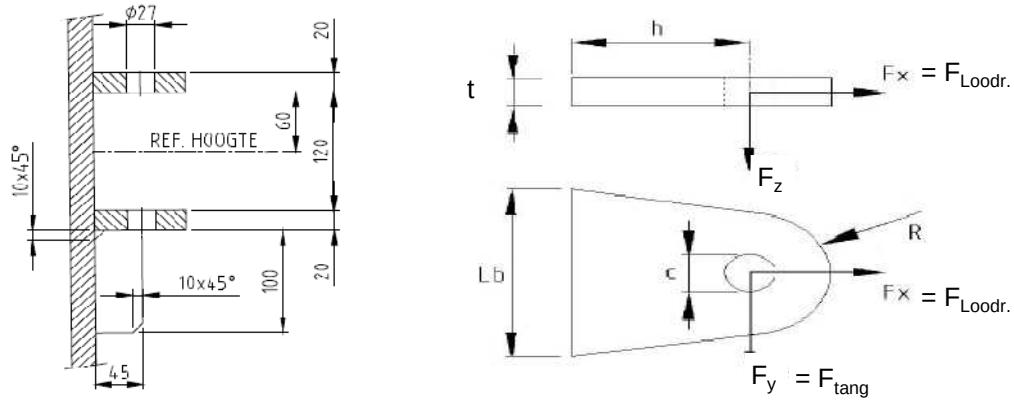
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	140	mm	;	d =	27	mm
h =	45	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	52,487m kN	42,487m kN	32,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	382,6	kN

Clip op 52,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 32,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	52,487m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2	32,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,5	5,9	9,7
$\sigma_{b,z}$ =	44,4	43,0	43,0
τ_y =	23,0	22,3	20,9
$\sigma_{b,max}$ =	45,9	48,9	52,8
σ_{vlg} =	60,8	62,3	64,0

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

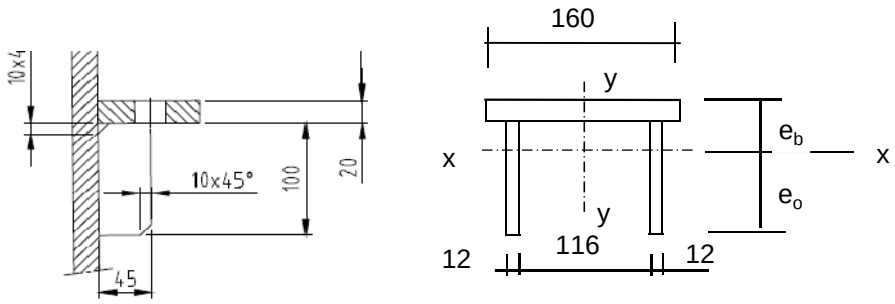
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_2 = 0			105,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		235,9	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	235,9	/	302,2	= 0,78	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	74,6	/	244,8	= 0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	52,487m kN	42,487m kN	32,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 52,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	3,927	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,242	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 32,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,519	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	52,487m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2	32,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	0,7	2,9	4,9
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,4	12,6
$\sigma_{b,y}$ =	39,5	42,7	45,5
τ_y =	20,1	19,5	18,3
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	54,1	59,0	62,9
σ_{vlg} =	88,8	91,5	93,3

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	20	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			88,9	N/mm^2
τ_1 =			88,9	N/mm^2
τ_2 =	0		42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	192,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	192,5	/	302,2	= 0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	88,9	/	244,8	= 0,36	< 1,0 -- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +52,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	613	12,0	22651	S355	355	3336966
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 30,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 172,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,15 of n_p = -0,142

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,95

$N_{1,Rd}$ = 244,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 244,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 17,1 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 4,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,90 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 918,0 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +42,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	863	15,0	39953	S355	355	8323634
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,16

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 97,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1412,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,471

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 283,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 283,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 19,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 19,8 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,46 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 978,1 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 6149 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +32,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1113	18,0	61911	S355	355	16675813
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 176,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3503,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,60 of n_p = -0,584

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,71

$N_{1,Rd}$ = 353,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 353,5 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 24,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 24,7 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

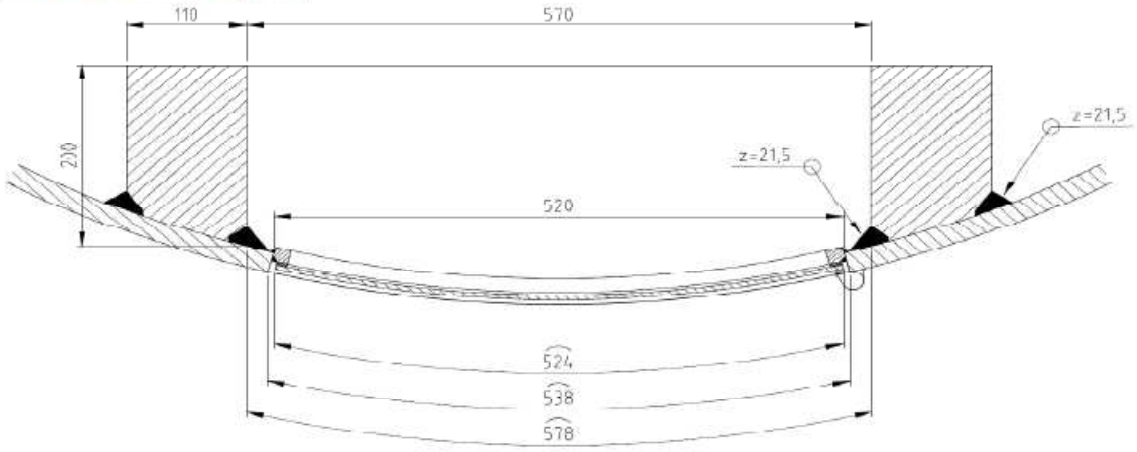
$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'

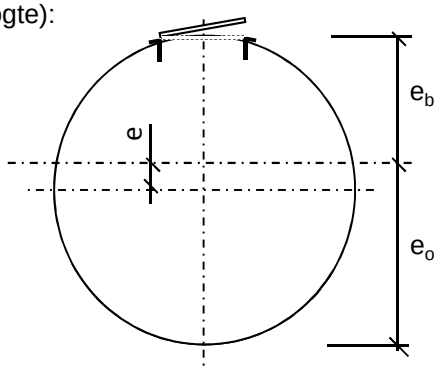
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 7379 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 1894 mm
dikte t ; 22 mm

A_{buis} = 129409 mm^2
$A_{versterking}$ = 39207 mm^2
$A_{verlies}$ = 11454 mm^2

A_{tot} = 157163 mm^2

e = 124,6 mm
e_b = 822,6 mm ; e_o = 1071,7 mm

I_{tot} = 6,78E+10 mm^4
W_{min} = 6,33E+07 mm^3
W_{max} = 8,24E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 15086 kNm ; N_{Ed} = 541 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,4 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 238,5 N/mm^2

σ_{max} = 3,4 + 238,5 = 241,9 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	6513	147783	17045	6513	-147783
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6508	147783	17045	6508	-147783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6502	147783	17045	6502	-147783
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	857	19378	2226	857	-19378
	Comp. gl	4617	1768	40154	4617	1768	-40154
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	169771	17036	7424	-169771
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	169771	17036	7423	-169771
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	7422	169771	17036	7422	-169771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
	Comp. gl	4615	1971	45077	4615	1971	-45077
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	10455	238677	29376	10455	-238677
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10452	238677	29376	10452	-238677
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10449	238677	29376	10449	-238677
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	2664	60775	9244	2664	-60775
	Comp. gl	18676	5363	122498	18676	5363	-122498
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	171693	20053	7508	-171693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171693	20053	7507	-171693
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7506	171693	20053	7506	-171693
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	1094	25008	2978	1094	-25008
	Comp. gl	6122	2243	51307	6122	2243	-51307
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	22543	183132	17051	25846	-195119
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	21159	178348	17050	24178	-188973
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	19411	172571	17049	22068	-181469
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	3719	27068	2227	4308	-29443

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4618	5531	47908	4618	6308	-50647
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10392	171437	17036	10979	-172153
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10146	171172	17036	10683	-171777
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9834	170867	17036	10308	-171344
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1484	22378	2225	1588	-22550
	Comp. gl	4615	2671	45427	4615	2809	-45579
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18822	244963	29378	20489	-247581
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	18123	243983	29377	19647	-246210
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17238	242850	29377	18582	-244618
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5332	62378	9245	5860	-63049
	Comp. gl	18677	8939	123915	18677	9640	-124532
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10461	172975	20053	11041	-173535
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10217	172769	20053	10748	-173241
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9908	172531	20053	10377	-172903
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1611	25273	2978	1713	-25388
	Comp. gl	6122	2938	51534	6122	3074	-51635
1a	380C1F1 / 380C2F1	17059	43378	264457	17059	43378	-264457
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17058	40254	251855	17058	40254	-251855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17056	36280	235871	17056	36280	-235871
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7398	42270	2228	7398	-42270
	Comp. gl	4620	10456	67128	4620	10456	-67128
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	14120	177780	17037	14120	-177780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13553	176563	17037	13553	-176563
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12838	175146	17036	12838	-175146
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2151	23864	2225	2151	-23864
	Comp. gl	4615	3546	46782	4615	3546	-46782
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	29439	267163	29382	29439	-267163
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	27824	263059	29381	27824	-263059
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29380	25783	258193	29380	25783	-258193
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8678	68065	9247	8678	-68065
	Comp. gl	18679	13366	129367	18679	13366	-129367
4	380C1F1 / 380C2F1	20054	14133	177989	20054	14133	-177989

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13576	177019	20053	13576	-177019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12873	175893	20053	12873	-175893
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2257	26289	2978	2257	-26289
	Comp. gl	6122	3794	52450	6122	3794	-52450
1a	380C1F1 / 380C2F1	17051	25846	195119	17049	22543	-183132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	24178	188973	17049	21159	-178348
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17049	22068	181469	17048	19411	-172571
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	4308	29443	2227	3719	-27068
	Comp. gl	4618	6308	50647	4618	5531	-47908
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10979	172153	17036	10392	-171437
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10683	171777	17036	10146	-171172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10308	171344	17036	9834	-170867
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1588	22550	2225	1484	-22378
	Comp. gl	4615	2809	45579	4615	2671	-45427
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20489	247581	29377	18822	-244963
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19647	246210	29377	18123	-243983
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	18582	244618	29377	17238	-242850
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5860	63049	9245	5332	-62378
0	Comp. gl	18677	9640	124532	18677	8939	-123915
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	11041	173535	20053	10461	-172975
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10748	173241	20053	10217	-172769
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10377	172903	20053	9908	-172531
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1713	25388	2978	1611	-25273
	Comp. gl	6122	3074	51635	6122	2938	-51534
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5163	116856	12781	5163	-116856
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5158	116856	12781	5158	-116856
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5152	116856	12781	5152	-116856
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	675	15226	1669	675	-15226
	Comp. gl	3462	1394	31599	3462	1394	-31599
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	137241	12774	6004	-137241
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	137241	12774	6003	-137241
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	6002	137241	12774	6002	-137241

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9299	212205	25109	9299	-212205
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9296	212205	25109	9296	-212205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9293	212206	25109	9293	-212206
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2547	58077	8685	2547	-58077
	Comp. gl	17518	5120	116923	17518	5120	-116923
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6214	142035	15788	6214	-142035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6211	142035	15788	6211	-142035
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	926	21162	2421	926	-21162
	Comp. gl	4966	1897	43378	4966	1897	-43378
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	21663	163009	12786	25064	-177259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	20233	157183	12786	23347	-170010
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	18424	150020	12785	21172	-160994
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	3622	24855	1670	4224	-27536
	Comp. gl	3463	5267	41858	3463	6069	-45189
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9007	139715	12774	9607	-140754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8755	139328	12774	9304	-140209
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8437	138881	12774	8920	-139579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1300	18170	1668	1408	-18414
	Comp. gl	3461	2285	36591	3461	2426	-36811
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17728	219938	25111	19418	-223104
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	17020	218747	25110	18564	-221449
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16124	217365	25110	17485	-219519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5220	59821	8686	5750	-60546
	Comp. gl	17518	8701	118475	17519	9404	-119147

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9188	143816	15788	9776	-144577
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8940	143533	15788	9479	-144177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8627	143207	15788	9103	-143716
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1447	21512	2421	1550	-21660
	Comp. gl	4966	2595	43682	4966	2732	-43815
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	42929	254216	12793	42929	-254216
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39763	240668	12792	39763	-240668
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12791	35728	223269	12791	35728	-223269
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7354	41259	1671	7354	-41259
	Comp. gl	3465	10311	63835	3465	10311	-63835
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12849	148701	12775	12849	-148701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12262	147011	12775	12262	-147011
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12775	11521	145023	12775	11521	-145023
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1991	20212	1669	1991	-20212
	Comp. gl	3461	3185	38518	3461	3185	-38518
3	380C1F1 / 380C2F1	25115	28522	246207	25115	28522	-246207
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26877	241439	25114	26877	-241439
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25113	24801	235739	25113	24801	-235739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8689	8583	65910	8689	8583	-65910
	Comp. gl	17521	13148	124374	17521	13148	-124374
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12933	150536	15789	12933	-150536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12363	149251	15789	12363	-149251
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11643	147752	15788	11643	-147752
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2105	22810	2421	2105	-22810
	Comp. gl	4966	3463	44876	4966	3463	-44876
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	25064	177259	12785	21663	-163009
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23347	170010	12785	20233	-157183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12785	21172	160994	12784	18424	-150020
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4224	27536	1670	3622	-24855
	Comp. gl	3463	6069	45189	3463	5267	-41858
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9607	140754	12774	9007	-139715
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9304	140209	12774	8755	-139328

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8920	139579	12774	8437	-138881
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1408	18414	1668	1300	-18170
	Comp. gl	3461	2426	36811	3461	2285	-36591
3	380C1F1 / 380C2F1	25111	19418	223104	25110	17728	-219938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18564	221449	25110	17020	-218747
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	17485	219519	25110	16124	-217365
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5750	60546	8686	5220	-59821
	Comp. gl	17519	9404	119147	17518	8701	-118475
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9776	144577	15788	9188	-143816
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9479	144177	15788	8940	-143533
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	9103	143716	15788	8627	-143207
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1550	21660	2421	1447	-21512
	Comp. gl	4966	2732	43815	4966	2595	-43682

Appendixe

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8523	194794	22419	8523	-194794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
	Comp. gl	13213	4160	95055	13213	4160	-95055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6341	145038	16206	6341	-145038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	16175	148395	14205	18358	-155965
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15262	145430	14205	17254	-152061
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	14111	141896	14204	15861	-147361
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2622	21312	1855	3013	-22871
	Comp. gl	3848	3998	39053	3848	4509	-40744
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8459	149353	14194	8847	-149759
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8296	149203	14194	8651	-149545
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8089	149031	14194	8403	-149300
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1181	19311	1854	1250	-19409

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

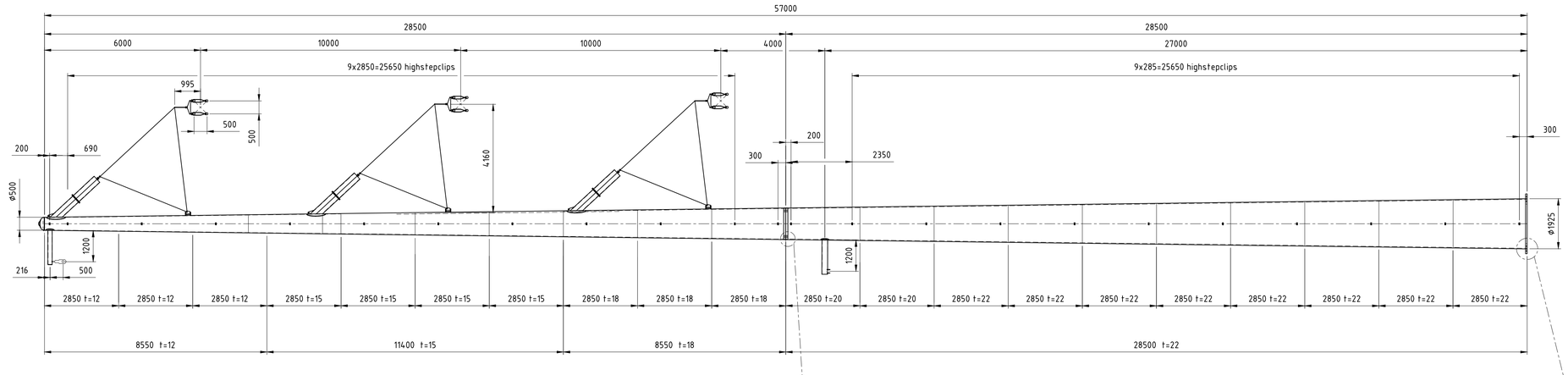
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	Comp. gl	3845	2177	39356	3845	2268	-39441
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14095	198786	22419	15203	-200465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13630	198160	22419	14643	-199585
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13042	197437	22419	13936	-198566
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3843	48220	6531	4196	-48696
	Comp. gl	13213	6545	96055	13214	7013	-96490
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8304	145779	16206	8688	-146105
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8142	145658	16206	8494	-145934
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7937	145520	16206	8248	-145736
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1249	20855	2356	1316	-20924
	Comp. gl	4850	2322	42686	4850	2412	-42746
1a	380C1F1 / 380C2F1	14210	30056	202579	14210	30056	-202579
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27960	193836	14209	27960	-193836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14208	25300	182892	14208	25300	-182892
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	5088	31783	1856	5088	-31783
	Comp. gl	3849	7266	51574	3849	7266	-51574
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10918	152991	14195	10918	-152991
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10544	152286	14195	10544	-152286
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	10073	151469	14195	10073	-151469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1620	20172	1854	1620	-20172
	Comp. gl	3846	2754	40126	3846	2754	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	22422	21156	213242	22422	21156	-213242
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20080	210534	22421	20080	-210534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22421	18723	207344	22421	18723	-207344
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	6084	52276	6532	6084	-52276
	Comp. gl	13215	9504	99911	13215	9504	-99911
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10734	148732	16207	10734	-148732
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10366	148156	16207	10366	-148156
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9901	147491	16207	9901	-147491
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1677	21471	2356	1677	-21471
	Comp. gl	4850	2890	43235	4850	2890	-43235
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	18358	155965	14204	16175	-148395

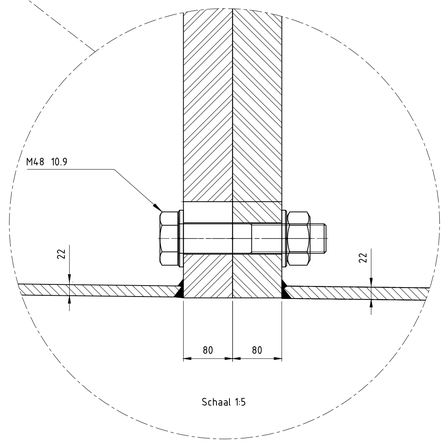
W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

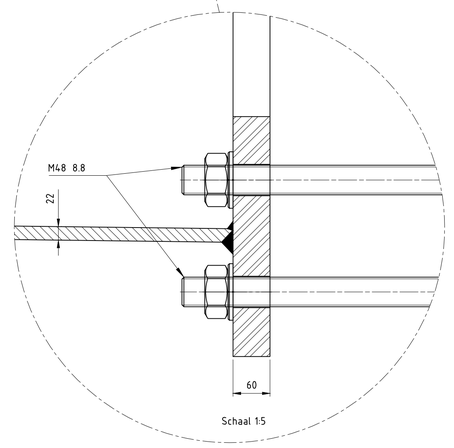
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14205	17254	152061	14204	15262	-145430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	15861	147361	14203	14111	-141896
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	3013	22871	1855	2622	-21312
	Comp. gl	3848	4509	40744	3848	3998	-39053
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8847	149759	14194	8459	-149353
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8651	149545	14194	8296	-149203
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8403	149300	14194	8089	-149031
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1250	19409	1854	1181	-19311
	Comp. gl	3845	2268	39441	3845	2177	-39356
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	15203	200465	22419	14095	-198786
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14643	199585	22419	13630	-198160
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13936	198566	22419	13042	-197437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4196	48696	6530	3843	-48220
	Comp. gl	13214	7013	96490	13213	6545	-96055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8688	146105	16206	8304	-145779
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8494	145934	16206	8142	-145658
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8248	145736	16206	7937	-145520
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1316	20924	2356	1249	-20855
	Comp. gl	4850	2412	42746	4850	2322	-42686



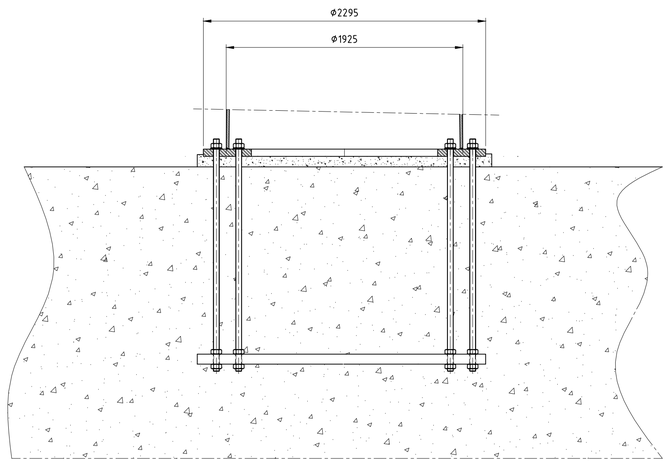
Schaal 1:100



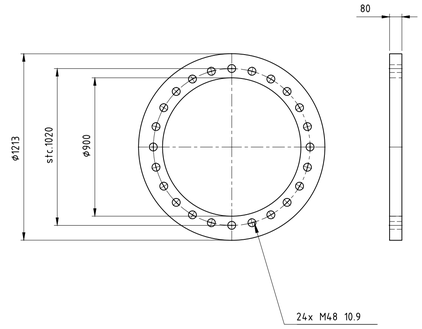
Schaal 1:5



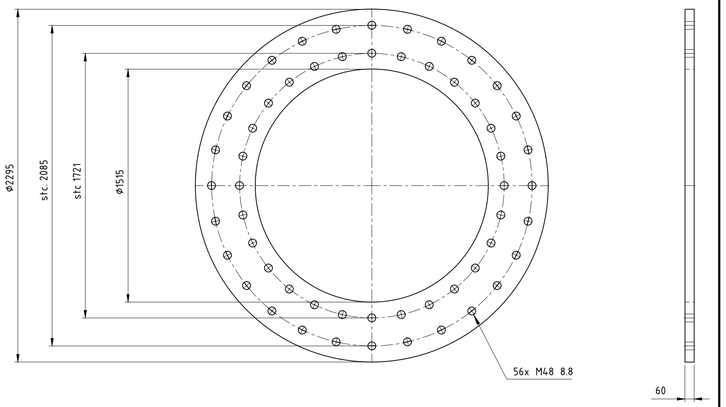
Schaal 1:5



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: 24993kg
Gewicht mastdeel 1: 9506kg
Totaal gewicht W2S400+5: 34499kg

Benaming: Mast type W2S400+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
3	30-01-14	WvL		Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/10 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W4H400ZA(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	
03-Travers lengte 150 kV en bliksemgeleider gewijzigd	14 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	14-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4H400ZA(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening crossbeam - trekisolatoren 150 kV	55
9.1.1 Berekening clip crossbeam	58
9.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	60
9.2.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 49m hoogte	61
9.2.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 40,5m hoogte	73
9.2.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	78
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad	83
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	85
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	86
9.3.3 Berekening deling van de steunarm	89
9.4 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	95
9.4.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8	101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting	103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	105
9.8 Berekening versterking deur	108

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AL, AL1 en AL2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4H400ZA(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400ZA(+10) zijn de bijlage AL en AL1 (berekening maststerkte) en bijlage AL2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 63,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,758 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten van 17,10m, 22,80m en 23,10 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400ZA(+10) zijn de bijlage AL en AL1 (berekening maststerkte) en bijlage AL2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W4H400ZA(+10)"

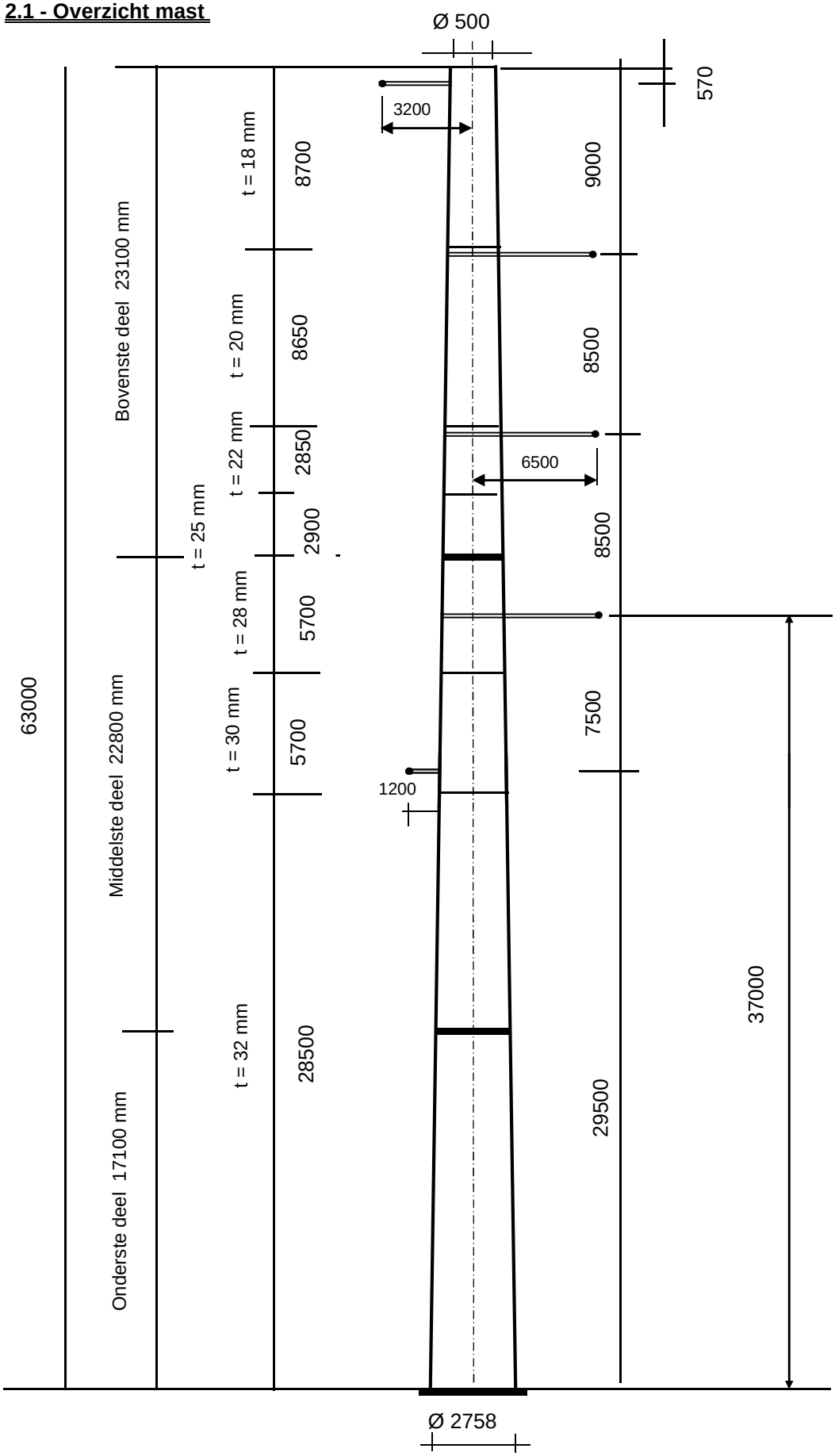
Berekening

W4H400ZA+10 (Afstap 150 kV)

63,0 m - 2758 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4H400ZA(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,629

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	520	500	n.v.t.	2	1	62,72
2	2330	604	520	n.v.t.	2	1	61,27
3	2900	708	604	n.v.t.	2	1	58,65
4	2900	812	708	n.v.t.	2	1	55,75
5	300	823	812	n.v.t.	2	1	54,15
6	2600	916	823	n.v.t.	2	1	52,70
7	2900	1020	916	n.v.t.	2	1	49,95
8	2850	1122	1020	n.v.t.	2	1	47,08
9	150	1127	1122	n.v.t.	2	1	45,58
10	2700	1224	1127	n.v.t.	2	1	44,15
11	2900	1328	1224	n.v.t.	2	1	41,35
12	2850	1430	1328	n.v.t.	2	1	38,48
13	50	1432	1430	n.v.t.	2	1	37,03
14	2800	1532	1432	n.v.t.	2	1	35,60
15	2850	1634	1532	n.v.t.	2	1	32,78
16	1850	1701	1634	n.v.t.	2	1	30,43
17	1000	1737	1701	n.v.t.	2	1	29,00
18	2850	1839	1737	n.v.t.	2	1	27,08
19	2850	1941	1839	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	2043	1941	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	2145	2043	n.v.t.	2	1	18,53
22	2920	2250	2145	n.v.t.	2	1	15,64
23	2820	2351	2250	n.v.t.	2	1	12,77
24	2820	2452	2351	n.v.t.	2	1	9,95
25	2820	2553	2452	n.v.t.	2	1	7,13
26	2820	2654	2553	n.v.t.	2	1	4,31
27	2900	2758	2654	n.v.t.	2	1	1,45
	63000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27834	218,50	8,44E+08	174,14	3,31E+06
2	562	18,0	30773	241,57	1,14E+09	192,50	4,06E+06
3	656	18,0	36073	283,17	1,84E+09	225,62	5,60E+06
4	760	18,0	41951	329,31	2,89E+09	262,36	7,60E+06
5	817	20,0	50089	393,20	3,98E+09	281,94	9,74E+06
6	869	20,0	53355	418,83	4,81E+09	300,31	1,11E+07
7	968	20,0	59548	467,45	6,69E+09	335,15	1,38E+07
8	1071	20,0	66022	518,27	9,12E+09	371,57	1,70E+07
9	1125	22,0	76202	598,18	1,16E+10	389,88	2,06E+07
10	1176	22,0	79732	625,89	1,33E+10	407,94	2,26E+07
11	1276	25,0	98250	771,27	1,92E+10	442,37	3,01E+07
12	1379	28,0	118841	932,90	2,71E+10	477,76	3,93E+07
13	1431	28,0	123412	968,79	3,04E+10	496,13	4,25E+07
14	1482	28,0	127905	1004,05	3,38E+10	514,18	4,56E+07
15	1583	30,0	146395	1149,20	4,42E+10	549,28	5,58E+07
16	1668	30,0	154334	1211,52	5,17E+10	579,05	6,21E+07
17	1719	30,0	159147	1249,30	5,67E+10	597,11	6,60E+07
18	1788	32,0	176492	1385,46	6,80E+10	620,80	7,61E+07
19	1890	32,0	186761	1466,07	8,06E+10	656,91	8,53E+07
20	1992	32,0	197030	1546,68	9,46E+10	693,02	9,50E+07
21	2094	32,0	207299	1627,30	1,10E+11	729,13	1,05E+08
22	2197	32,0	217694	1708,90	1,28E+11	765,68	1,16E+08
23	2300	32,0	228035	1790,08	1,47E+11	802,05	1,28E+08
24	2401	32,0	238196	1869,84	1,67E+11	837,78	1,39E+08
25	2502	32,0	248357	1949,60	1,90E+11	873,51	1,51E+08
26	2604	32,0	258518	2029,36	2,14E+11	909,24	1,64E+08
27	2706	32,0	268823	2110,26	2,40E+11	945,48	1,78E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	63000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,44E+08
2	62430	2 -- 3	2	2330	3,08E+04	1,14E+09
3	60100	3 -- 4	3	2900	3,61E+04	1,84E+09
4	57200	4 -- 5	4	2900	4,20E+04	2,89E+09
5	54300	5 -- 6	5	300	5,01E+04	3,98E+09
6	54000	6 -- 7	6	2600	5,34E+04	4,81E+09
7	51400	7 -- 8	7	2900	5,95E+04	6,69E+09
8	48500	8 -- 9	8	2850	6,60E+04	9,12E+09
9	45650	9 -- 10	9	150	7,62E+04	1,16E+10
10	45500	10 -- 11	10	2700	7,97E+04	1,33E+10
11	42800	11 -- 12	11	2900	9,83E+04	1,92E+10
12	39900	12 -- 13	12	2850	1,19E+05	2,71E+10
13	37050	13 -- 14	13	50	1,23E+05	3,04E+10
14	37000	14 -- 15	14	2800	1,28E+05	3,38E+10
15	34200	15 -- 16	15	2850	1,46E+05	4,42E+10
16	31350	16 -- 17	16	1850	1,54E+05	5,17E+10
17	29500	17 -- 18	17	1000	1,59E+05	5,67E+10
18	28500	18 -- 19	18	2850	1,76E+05	6,80E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	1,87E+05	8,06E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	1,97E+05	9,46E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	2,07E+05	1,10E+11
22	17100	22 -- 23	22	2920	2,18E+05	1,28E+11
23	14180	23 -- 24	23	2820	2,28E+05	1,47E+11
24	11360	24 -- 25	24	2820	2,38E+05	1,67E+11
25	8540	25 -- 26	25	2820	2,48E+05	1,90E+11
26	5720	26 -- 27	26	2820	2,59E+05	2,14E+11
27	2900	27 -- 28	27	2900	2,69E+05	2,40E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	62,72	0,21	1,20	32,49	0,17	1463
2	61,27	0,21	1,20	32,36	0,17	1455
3	58,65	0,21	1,19	32,11	0,18	1439
4	55,75	0,21	1,18	31,83	0,18	1420
5	54,15	0,21	1,17	31,66	0,18	1410
6	52,70	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
7	49,95	0,21	1,16	31,21	0,18	1380
8	47,08	0,21	1,14	30,87	0,18	1359
9	45,58	0,21	1,14	30,69	0,18	1348
10	44,15	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
11	41,35	0,21	1,12	30,14	0,19	1313
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	37,03	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
14	35,60	0,21	1,08	29,29	0,19	1261
15	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
16	30,43	0,21	1,05	28,40	0,20	1207
17	29,00	0,21	1,04	28,13	0,20	1190
18	27,08	0,21	1,03	27,74	0,20	1167
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,64	0,21	0,91	24,64	0,23	989
23	12,77	0,21	0,87	23,50	0,24	926
24	9,95	0,21	0,82	22,09	0,26	851
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	755
26	4,31	0,21	0,64	17,36	0,33	618
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1331	400	0,40	0,00	2,10E-02	757,88
2	2 -- 3	5978	3368	5,10	0,61	2,10E-02	745,88
3	3 -- 4	8647		11,08	19,45	2,10E-02	696,91
4	4 -- 5	9985		19,72	64,12	2,07E-02	636,48
5	5 -- 6	1225		29,71	135,80	2,02E-02	577,15
6	6 -- 7	11280	32095	63,03	144,89	2,01E-02	571,10
7	7 -- 8	13991		74,31	323,43	1,95E-02	519,40
8	8 -- 9	15198		88,30	559,22	1,86E-02	463,91
9	9 -- 10	920		103,50	832,53	1,76E-02	412,14
10	10 -- 11	17304	33263	137,68	848,12	1,76E-02	409,50
11	11 -- 12	22802		154,98	1243,22	1,66E-02	363,36
12	12 -- 13	27015	7332	185,12	1725,74	1,55E-02	316,82
13	13 -- 14	492		212,13	2291,82	1,45E-02	274,03
14	14 -- 15	28534	34446	247,07	2302,44	1,45E-02	273,31
15	15 -- 16	33180		275,61	3034,19	1,34E-02	234,19
16	16 -- 17	22691		308,79	3866,95	1,24E-02	197,39
17	17 -- 18	12643	6767	338,24	4459,19	1,17E-02	175,16
18	18 -- 19	39913		350,89	4803,76	1,13E-02	163,70
19	19 -- 20	42211		390,80	5860,66	1,02E-02	133,05
20	20 -- 21	44508		433,01	7034,59	9,12E-03	105,47
21	21 -- 22	46805		477,52	8332,10	8,02E-03	81,00
22	22 -- 23	50338	29558	553,88	9759,72	6,91E-03	59,69
23	23 -- 24	50903		604,22	11450,55	5,75E-03	41,16
24	24 -- 25	53152		655,12	13226,23	4,62E-03	26,49
25	25 -- 26	55402		708,28	15148,62	3,49E-03	15,01
26	26 -- 27	57651		763,68	17224,07	2,34E-03	6,77
27	27 -- 28	61633		821,33	19458,93	1,19E-03	1,76
28			29042	912,00	21930,15	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,1	40,0	0,758	1279,09	98,217
2	2 -- 3	597,8	336,8	0,746	6695,34	498,507
3	3 -- 4	864,7		0,697	5655,38	384,344
4	4 -- 5	998,5		0,636	5943,97	367,676
5	5 -- 6	122,5		0,577	689,72	40,366
6	6 -- 7	1128,0	3209,5	0,571	24014,92	1382,164
7	7 -- 8	1399,1		0,519	6748,03	338,195
8	8 -- 9	1519,8		0,464	6530,71	291,601
9	9 -- 10	92,0		0,412	370,68	15,523
10	10 -- 11	1730,4	3326,3	0,410	19922,17	816,193
11	11 -- 12	2280,2		0,363	7607,31	263,728
12	12 -- 13	2701,5	733,2	0,317	10108,22	309,375
13	13 -- 14	49,2		0,274	132,06	3,684
14	14 -- 15	2853,4	3444,6	0,273	16338,42	441,030
15	15 -- 16	3318,0		0,234	7023,89	154,506
16	16 -- 17	2269,1		0,197	4146,38	78,733
17	17 -- 18	1264,3	676,7	0,175	3264,24	57,056
18	18 -- 19	3991,3		0,164	5809,53	87,867
19	19 -- 20	4221,1		0,133	4938,34	60,035
20	20 -- 21	4450,8		0,105	4070,76	38,688
21	21 -- 22	4680,5		0,081	3229,84	23,159
22	22 -- 23	5033,8	2955,8	0,060	4220,58	23,327
23	23 -- 24	5090,3		0,041	1688,94	5,823
24	24 -- 25	5315,2		0,026	1082,00	2,289
25	25 -- 26	5540,2		0,015	591,86	0,657
26	26 -- 27	5765,1		0,007	241,01	0,105
27	27 -- 28	6163,3		0,002	53,13	0,005
28			2904,2	0,000	0,00	0,000
				Som	152396	5783

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,82	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	895	0,992	0,570	0,56	501,90	0,57
2 -- 3	257	0,952	2,330	2,11	541,63	2,22
3 -- 4	298	0,880	2,900	2,24	669,14	2,55
4 -- 5	344	0,801	2,900	1,86	640,12	2,32
5 -- 6	11107	0,758	0,300	0,17	1912,15	0,23
6 -- 7	434	0,719	2,600	1,35	583,84	1,87
7 -- 8	482	0,649	2,900	1,22	588,80	1,88
8 -- 9	533	0,578	2,850	0,95	507,68	1,65
9 -- 10	22788	0,542	0,150	0,04	1004,40	0,08
10 -- 11	641	0,510	2,700	0,70	449,88	1,38
11 -- 12	1039	0,449	2,900	0,58	606,80	1,30
12 -- 13	948	0,390	2,850	0,43	410,49	1,11
13 -- 14	69877	0,361	0,050	0,01	455,57	0,02
14 -- 15	1019	0,335	2,800	0,31	319,87	0,94
15 -- 16	1164	0,285	2,850	0,23	268,99	0,81
16 -- 17	1592	0,246	1,850	0,11	177,96	0,45
17 -- 18	1264	0,224	1,000	0,05	63,19	0,22
18 -- 19	1400	0,196	2,850	0,11	152,98	0,56
19 -- 20	1481	0,157	2,850	0,07	104,52	0,45
20 -- 21	1562	0,123	2,850	0,04	67,36	0,35
21 -- 22	2679	0,093	2,850	0,02	65,78	0,26
22 -- 23	1724	0,067	2,920	0,01	22,28	0,19
23 -- 24	1805	0,045	2,820	0,01	10,14	0,13
24 -- 25	1885	0,027	2,820	0,00	3,98	0,08
25 -- 26	1965	0,014	2,820	0,00	1,14	0,04
26 -- 27	2044	0,006	2,820	0,00	0,18	0,02
27 -- 28	3127	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,21	10130,77	21,68

m_e = 10130,8 / 13,2 = 766,9 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,82	Hz
b =	1,63	m
h =	63,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	112,35	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,058	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,070	
$v_m(z_s)$ =	29,63	m/s
$v_m(z)$ =	32,52	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,82
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,52
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,98
G_y =	0,5
G_z =	0,28

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,72
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,62 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,61

$c_s c_d$ = **1,09**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,39	1,65E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,25	1,81E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,98	2,10E+06	0,80	0,81	0,65
4	47,67	2,41E+06	0,80	0,81	0,64
5	47,49	2,59E+06	0,80	0,81	0,64
6	47,32	2,74E+06	0,80	0,81	0,64
7	47,00	3,03E+06	0,79	0,81	0,64
8	46,63	3,33E+06	0,79	0,81	0,64
9	46,43	3,48E+06	0,79	0,81	0,64
10	46,24	3,62E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,83	3,90E+06	0,79	0,81	0,64
12	45,39	4,17E+06	0,79	0,81	0,64
13	45,15	4,31E+06	0,79	0,81	0,64
14	44,91	4,44E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,40	4,69E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,94	4,88E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,64	5,00E+06	0,79	0,81	0,64
18	43,22	5,15E+06	0,79	0,81	0,64
19	42,52	5,36E+06	0,79	0,81	0,63
20	41,74	5,54E+06	0,78	0,81	0,63
21	40,84	5,70E+06	0,78	0,81	0,63
22	39,78	5,83E+06	0,78	0,81	0,63
23	38,49	5,90E+06	0,78	0,81	0,63
24	36,90	5,91E+06	0,78	0,81	0,63
25	34,75	5,80E+06	0,77	0,81	0,62
26	31,43	5,46E+06	0,77	0,81	0,62
27	30,93	5,58E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	62,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AL, AL1 en AL2		
1e traverse - 380C1F1	54,00	1			
1e traverse - 150C1F1	54,00	1			
2e traverse - 380C1F2	45,50	1			
2e traverse - 150C1F2	45,50	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
3e traverse - 150C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	62,43	3,200
1e traverse - 380C1F1	54,00	0,000
1e traverse - 150C1F1	54,00	6,500
2e traverse - 380C1F2	45,50	0,000
2e traverse - 150C1F2	45,50	6,500
3e traverse - 380C1F3	37,00	0,000
3e traverse - 150C1F3	37,00	6,500
Retourstroomgeleider	29,50	2,119

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	62,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	54,00	1			
1e traverse - 150C1F1	54,00	1			
2e traverse - 380C1F2	45,50	1			
2e traverse - 150C1F2	45,50	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
3e traverse - 150C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1245	86	1331	0,188	0,068	409	0,718
2	5629	350	5978	0,847	0,280	1786	0,767
3	8212	435	8647	1,227	0,348	2471	0,852
4	9550	435	9985	1,419	0,348	2736	0,943
5	1180	45	1225	0,158	0,036	298	0,992
6	10890	390	11280	1,452	0,312	2693	1,036
7	13556	435	13991	1,801	0,348	3235	1,115
8	14771	428	15198	1,956	0,342	3405	1,195
9	897	23	920	0,108	0,018	185	1,234
10	16899	405	17304	2,032	0,324	3432	1,271
11	22367	435	22802	2,365	0,348	3885	1,339
12	26588	428	27015	2,509	0,342	4003	1,405
13	484	8	492	0,046	0,006	72	1,435
14	28114	420	28534	2,646	0,336	4099	1,464
15	32752	428	33180	2,874	0,342	4320	1,516
16	22413	278	22691	1,962	0,222	2874	1,553
17	12493	150	12643	1,092	0,120	1574	1,574
18	39486	428	39913	3,236	0,342	4553	1,598
19	41783	428	42211	3,415	0,342	4630	1,624
20	44081	428	44508	3,594	0,342	4673	1,640
21	46378	428	46805	3,772	0,342	4676	1,641
22	49900	438	50338	4,046	0,350	4741	1,624
23	50480	423	50903	4,080	0,338	4462	1,582
24	52729	423	53152	4,246	0,338	4253	1,508
25	54979	423	55402	4,404	0,338	3902	1,384
26	57228	423	57651	4,547	0,338	3289	1,166
27	61198	435	61633	4,854	0,348	3392	1,170
	726280	9450	735730	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	84046

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state / Special limit state)

			ULS		SpLS	
knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 3 in N
1	1 -- 2	2802	480	480	480	480
2	2 -- 3	3079	4074	16478	2295	3906
3	3 -- 4	3578				
4	4 -- 5	4132				
5	5 -- 6	4898				
6	6 -- 7	5206	38913	61673	26408	30371
7	7 -- 8	5789				
8	8 -- 9	6399				
9	9 -- 10	7358				
10	10 -- 11	7691	40255	63552	27644	31607
11	11 -- 12	9435				
12	12 -- 13	11375	8799	8799	8799	8799
13	13 -- 14	11805				
14	14 -- 15	12229	41613	65455	28895	32855
15	15 -- 16	13970				
16	16 -- 17	14718				
17	17 -- 18	15172	8244	32014	4834	8099
18	18 -- 19	16806				
19	19 -- 20	17773				
20	20 -- 21	18740				
21	21 -- 22	19708				
22	22 -- 23	20687	35470	35470	35470	35470
23	23 -- 24	21661				
24	24 -- 25	22618				
25	25 -- 26	23575				
26	26 -- 27	24532				
27	27 -- 28	25503				
28			34851	34851	34851	34851

KEMA rapport - bijlage AL / AL1 - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3266 / 2186 , t = 80 mm ; G = 2904 kg
Flenzen op 17,1m : 2 * rond 2146 / 1615 , t = 120 mm ; G = 2956 kg
Flenzen op 39,9m : 2 * rond 1328 / 1010 , t = 80 mm ; G = 733 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 54m : 2 * rond 1343 / 823 , t = 25 mm ; G = 347 kg
Bevestigingsringen op 45,5m : 2 * rond 1647 / 1127 , t = 25 mm ; G = 445 kg
Bevestigingsringen op 37m : 2 * rond 1952 / 1432 , t = 25 mm ; G = 542 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	718				
2	2 -- 3	767	14416	6169	18877	7004
3	3 -- 4	852				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	992				
6	6 -- 7	1036	137173	83912	123893	77215
7	7 -- 8	1115				
8	8 -- 9	1195				
9	9 -- 10	1234				
10	10 -- 11	1271	131582	83154	121507	76545
11	11 -- 12	1339				
12	12 -- 13	1405				
13	13 -- 14	1435				
14	14 -- 15	1464	124963	82268	118723	75763
15	15 -- 16	1516				
16	16 -- 17	1553				
17	17 -- 18	1574	23907	11651	33545	13686
18	18 -- 19	1598				
19	19 -- 20	1624				
20	20 -- 21	1640				
21	21 -- 22	1641				
22	22 -- 23	1624				
23	23 -- 24	1582				
24	24 -- 25	1508				
25	25 -- 26	1384				
26	26 -- 27	1166				
27	27 -- 28	1170				
28						

KEMA rapport - bijlage AL2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state / Special limit state)

			ULS		SPLS	
knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N
1	1 -- 2	1149				
2	2 -- 3	1227	20317	25921	28592	42966
3	3 -- 4	1363				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1588				
6	6 -- 7	1657	185992	159478	236792	257571
7	7 -- 8	1785				
8	8 -- 9	1912				
9	9 -- 10	1975				
10	10 -- 11	2034	177834	155893	231081	253469
11	11 -- 12	2143				
12	12 -- 13	2247				
13	13 -- 14	2296				
14	14 -- 15	2342	168133	151702	224446	248770
15	15 -- 16	2425				
16	16 -- 17	2486				
17	17 -- 18	2518	33356	45550	50830	76870
18	18 -- 19	2556				
19	19 -- 20	2599				
20	20 -- 21	2624				
21	21 -- 22	2625				
22	22 -- 23	2598				
23	23 -- 24	2531				
24	24 -- 25	2413				
25	25 -- 26	2214				
26	26 -- 27	1866				
27	27 -- 28	1871				
28						

KEMA rapport - bijlage AL / AL1 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

Opmerking:
De maximale horizontale belasting is gerekend met de vectoriele som van transversale en longitudinale belastingen.

$$F_{hor} = \{ F^2_{transver.} + F^2_{longit.} \}^{0,5}$$

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	409		0	0,00E+00	2,92E-03	98
2	2 -- 3	1786		409	1,25E+05	2,92E-03	96
3	3 -- 4	2471		2196	3,23E+06	2,91E-03	89
4	4 -- 5	2736		4666	1,33E+07	2,85E-03	81
5	5 -- 6	298		7402	3,11E+07	2,75E-03	73
6	6 -- 7	2693		7700	3,34E+07	2,74E-03	72
7	7 -- 8	3235		10392	5,74E+07	2,62E-03	65
8	8 -- 9	3405		13627	9,29E+07	2,47E-03	58
9	9 -- 10	185		17032	1,37E+08	2,30E-03	51
10	10 -- 11	3432		17217	1,40E+08	2,29E-03	51
11	11 -- 12	3885		20649	1,92E+08	2,13E-03	45
12	12 -- 13	4003		24534	2,59E+08	1,97E-03	39
13	13 -- 14	72		28537	3,35E+08	1,82E-03	33
14	14 -- 15	4099		28608	3,37E+08	1,82E-03	33
15	15 -- 16	4320		32707	4,24E+08	1,67E-03	28
16	16 -- 17	2874		37027	5,25E+08	1,53E-03	24
17	17 -- 18	1574		39901	5,97E+08	1,43E-03	21
18	18 -- 19	4553		41475	6,38E+08	1,38E-03	20
19	19 -- 20	4630		46028	7,64E+08	1,24E-03	16
20	20 -- 21	4673		50657	9,03E+08	1,10E-03	12
21	21 -- 22	4676		55331	1,06E+09	9,59E-04	10
22	22 -- 23	4741		60007	1,22E+09	8,19E-04	7
23	23 -- 24	4462		64748	1,40E+09	6,77E-04	5
24	24 -- 25	4253		69209	1,59E+09	5,39E-04	3
25	25 -- 26	3902		73463	1,80E+09	4,03E-04	2
26	26 -- 27	3289		77365	2,01E+09	2,68E-04	1
27	27 -- 28	3392		80655	2,23E+09	1,35E-04	0
28				84046	2,47E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,94E-02	985
2	2 -- 3		14416	14416	8,44E+04	2,94E-02	968
3	3 -- 4			14416	3,44E+07	2,93E-02	899
4	4 -- 5			14416	7,79E+07	2,89E-02	815
5	5 -- 6			14416	1,22E+08	2,84E-02	732
6	6 -- 7		137173	151589	1,27E+08	2,83E-02	724
7	7 -- 8			151589	5,26E+08	2,75E-02	651
8	8 -- 9			151589	9,73E+08	2,60E-02	573
9	9 -- 10			151589	1,41E+09	2,42E-02	501
10	10 -- 11		131582	283171	1,44E+09	2,41E-02	498
11	11 -- 12			283171	2,21E+09	2,23E-02	435
12	12 -- 13			283171	3,04E+09	2,05E-02	373
13	13 -- 14			283171	3,86E+09	1,87E-02	317
14	14 -- 15		124963	408134	3,88E+09	1,87E-02	316
15	15 -- 16			408134	5,03E+09	1,70E-02	266
16	16 -- 17			408134	6,21E+09	1,52E-02	220
17	17 -- 18		23907	432041	6,97E+09	1,41E-02	193
18	18 -- 19			432041	7,41E+09	1,35E-02	179
19	19 -- 20			432041	8,66E+09	1,19E-02	143
20	20 -- 21			432041	9,90E+09	1,03E-02	111
21	21 -- 22			432041	1,11E+10	8,83E-03	83
22	22 -- 23			432041	1,24E+10	7,39E-03	60
23	23 -- 24			432041	1,37E+10	5,97E-03	41
24	24 -- 25			432041	1,49E+10	4,66E-03	26
25	25 -- 26			432041	1,61E+10	3,42E-03	14
26	26 -- 27			432041	1,73E+10	2,23E-03	6
27	27 -- 28			432041	1,86E+10	1,10E-03	2
28	28 -- 29			432041	1,98E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,75E-02	598
2	2 -- 3		6169	6169	5,03E+04	1,75E-02	588
3	3 -- 4			6169	1,49E+07	1,75E-02	547
4	4 -- 5			6169	3,37E+07	1,73E-02	497
5	5 -- 6			6169	5,31E+07	1,71E-02	447
6	6 -- 7		83912	90081	5,53E+07	1,71E-02	442
7	7 -- 8			90081	2,93E+08	1,66E-02	398
8	8 -- 9			90081	5,58E+08	1,57E-02	351
9	9 -- 10			90081	8,19E+08	1,47E-02	307
10	10 -- 11		83154	173235	8,33E+08	1,47E-02	305
11	11 -- 12			173235	1,31E+09	1,36E-02	267
12	12 -- 13			173235	1,82E+09	1,25E-02	229
13	13 -- 14			173235	2,32E+09	1,15E-02	195
14	14 -- 15		82268	255503	2,33E+09	1,15E-02	194
15	15 -- 16			255503	3,05E+09	1,04E-02	163
16	16 -- 17			255503	3,79E+09	9,35E-03	135
17	17 -- 18		11651	267154	4,26E+09	8,67E-03	118
18	18 -- 19			267154	4,53E+09	8,30E-03	110
19	19 -- 20			267154	5,30E+09	7,32E-03	88
20	20 -- 21			267154	6,07E+09	6,36E-03	68
21	21 -- 22			267154	6,84E+09	5,43E-03	51
22	22 -- 23			267154	7,61E+09	4,54E-03	37
23	23 -- 24			267154	8,40E+09	3,67E-03	25
24	24 -- 25			267154	9,16E+09	2,87E-03	16
25	25 -- 26			267154	9,92E+09	2,10E-03	9
26	26 -- 27			267154	1,07E+10	1,37E-03	4
27	27 -- 28			267154	1,14E+10	6,79E-04	1
28				267154	1,22E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,86E-02	943
2	2 -- 3		18877	18877	8,22E+04	2,86E-02	926
3	3 -- 4			18877	4,48E+07	2,84E-02	860
4	4 -- 5			18877	1,01E+08	2,79E-02	778
5	5 -- 6			18877	1,58E+08	2,73E-02	698
6	6 -- 7		123893	142769	1,64E+08	2,72E-02	690
7	7 -- 8			142769	5,41E+08	2,63E-02	620
8	8 -- 9			142769	9,61E+08	2,48E-02	546
9	9 -- 10			142769	1,38E+09	2,30E-02	477
10	10 -- 11		121507	264277	1,40E+09	2,29E-02	474
11	11 -- 12			264277	2,12E+09	2,12E-02	414
12	12 -- 13			264277	2,90E+09	1,94E-02	355
13	13 -- 14			264277	3,66E+09	1,78E-02	302
14	14 -- 15		118723	383000	3,67E+09	1,78E-02	301
15	15 -- 16			383000	4,76E+09	1,61E-02	253
16	16 -- 17			383000	5,86E+09	1,45E-02	210
17	17 -- 18		33545	416544	6,58E+09	1,34E-02	184
18	18 -- 19			416544	7,00E+09	1,29E-02	171
19	19 -- 20			416544	8,20E+09	1,13E-02	136
20	20 -- 21			416544	9,40E+09	9,87E-03	106
21	21 -- 22			416544	1,06E+10	8,43E-03	80
22	22 -- 23			416544	1,18E+10	7,05E-03	58
23	23 -- 24			416544	1,30E+10	5,70E-03	39
24	24 -- 25			416544	1,42E+10	4,45E-03	25
25	25 -- 26			416544	1,54E+10	3,27E-03	14
26	26 -- 27			416544	1,66E+10	2,13E-03	6
27	27 -- 28			416544	1,78E+10	1,06E-03	2
28				416544	1,90E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,65E-02	560
2	2 -- 3		7004	7004	4,74E+04	1,65E-02	550
3	3 -- 4			7004	1,68E+07	1,65E-02	512
4	4 -- 5			7004	3,80E+07	1,63E-02	464
5	5 -- 6			7004	5,97E+07	1,60E-02	417
6	6 -- 7		77215	84219	6,21E+07	1,60E-02	413
7	7 -- 8			84219	2,84E+08	1,56E-02	372
8	8 -- 9			84219	5,32E+08	1,47E-02	328
9	9 -- 10			84219	7,76E+08	1,37E-02	287
10	10 -- 11		76545	160764	7,89E+08	1,37E-02	285
11	11 -- 12			160764	1,23E+09	1,27E-02	249
12	12 -- 13			160764	1,70E+09	1,17E-02	214
13	13 -- 14			160764	2,17E+09	1,07E-02	182
14	14 -- 15		75763	236527	2,17E+09	1,07E-02	181
15	15 -- 16			236527	2,84E+09	9,70E-03	152
16	16 -- 17			236527	3,53E+09	8,73E-03	126
17	17 -- 18		13686	250213	3,97E+09	8,09E-03	111
18	18 -- 19			250213	4,22E+09	7,74E-03	103
19	19 -- 20			250213	4,94E+09	6,83E-03	82
20	20 -- 21			250213	5,66E+09	5,94E-03	64
21	21 -- 22			250213	6,39E+09	5,07E-03	48
22	22 -- 23			250213	7,11E+09	4,24E-03	35
23	23 -- 24			250213	7,84E+09	3,43E-03	23
24	24 -- 25			250213	8,55E+09	2,68E-03	15
25	25 -- 26			250213	9,26E+09	1,96E-03	8
26	26 -- 27			250213	9,97E+09	1,28E-03	4
27	27 -- 28			250213	1,07E+10	6,35E-04	1
28				250213	1,14E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,69E-04	14
2	2 -- 3				1,08E+07	7,69E-04	13
3	3 -- 4				1,08E+07	6,64E-04	11
4	4 -- 5				1,08E+07	5,83E-04	10
5	5 -- 6				1,08E+07	5,31E-04	8
6	6 -- 7				3,45E+07	5,28E-04	8
7	7 -- 8				3,45E+07	4,39E-04	7
8	8 -- 9				3,45E+07	3,68E-04	5
9	9 -- 10				3,45E+07	3,16E-04	4
10	10 -- 11				5,82E+07	3,14E-04	4
11	11 -- 12				5,82E+07	2,58E-04	4
12	12 -- 13				5,82E+07	2,16E-04	3
13	13 -- 14				5,82E+07	1,87E-04	2
14	14 -- 15				8,21E+07	1,86E-04	2
15	15 -- 16				8,21E+07	1,54E-04	2
16	16 -- 17				8,21E+07	1,29E-04	2
17	17 -- 18				9,65E+07	1,15E-04	1
18	18 -- 19				9,65E+07	1,07E-04	1
19	19 -- 20				9,65E+07	8,75E-05	1
20	20 -- 21				9,65E+07	7,12E-05	1
21	21 -- 22				9,65E+07	5,74E-05	0
22	22 -- 23				9,65E+07	4,55E-05	0
23	23 -- 24				9,65E+07	3,50E-05	0
24	24 -- 25				9,65E+07	2,62E-05	0
25	25 -- 26				9,65E+07	1,84E-05	0
26	26 -- 27				9,65E+07	1,16E-05	0
27	27 -- 28				9,65E+07	5,54E-06	0
28					9,65E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

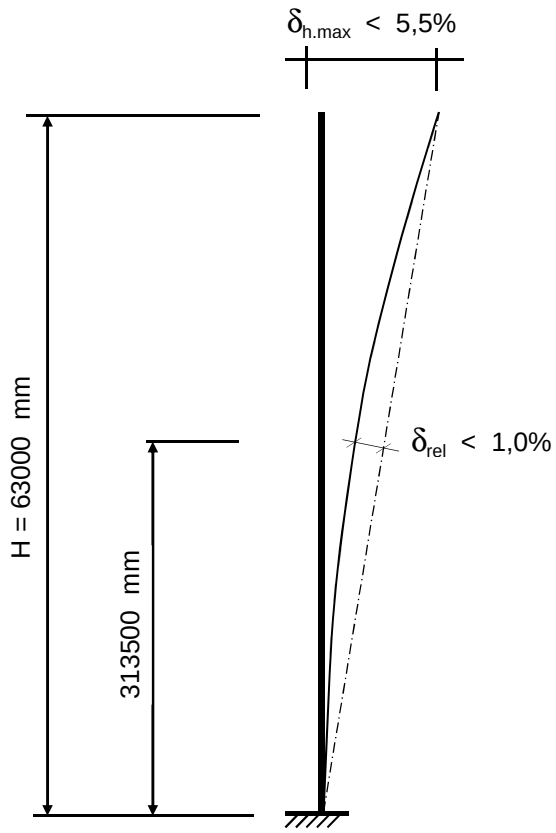
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	3,3E-02	1096
2	2 -- 3	3,3E-02	1077
3	3 -- 4	3,3E-02	1000
4	4 -- 5	3,2E-02	906
5	5 -- 6	3,2E-02	813
6	6 -- 7	3,2E-02	803
7	7 -- 8	3,1E-02	722
8	8 -- 9	2,9E-02	636
9	9 -- 10	2,7E-02	557
10	10 -- 11	2,7E-02	553
11	11 -- 12	2,5E-02	483
12	12 -- 13	2,3E-02	414
13	13 -- 14	2,1E-02	352
14	14 -- 15	2,1E-02	351
15	15 -- 16	1,9E-02	296
16	16 -- 17	1,7E-02	245
17	17 -- 18	1,6E-02	215
18	18 -- 19	1,5E-02	199
19	19 -- 20	1,3E-02	159
20	20 -- 21	1,2E-02	124
21	21 -- 22	9,9E-03	93
22	22 -- 23	8,3E-03	68
23	23 -- 24	6,7E-03	46
24	24 -- 25	5,2E-03	29
25	25 -- 26	3,8E-03	16
26	26 -- 27	2,5E-03	7
27	27 -- 28	1,2E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1096 mm ----> δ_h *100 / 63000

Percentage uitbuig. = 1,74 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 245 mm
α = 1,00 graden

δ_{rel} = 300 mm ----> δ_h *100 / 63000

Percentage uitbuig. = 0,48 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS/SpLS-toestand - (Ultimate en Special limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	614	480	0	0,00E+00	4,61E-03	155
2	2 -- 3	2679	6151	655	1,87E+05	4,61E-03	152
3	3 -- 4	3706	13324	3513	5,04E+06	4,59E-03	141
4	4 -- 5	4104	23701	7466	2,10E+07	4,50E-03	128
5	5 -- 6	447	35683	11843	4,90E+07	4,34E-03	115
6	6 -- 7	4039	76066	12319	5,26E+07	4,32E-03	114
7	7 -- 8	4852	89601	16628	9,02E+07	4,14E-03	103
8	8 -- 9	5108	106391	21803	1,46E+08	3,90E-03	91
9	9 -- 10	278	124628	27251	2,16E+08	3,63E-03	81
10	10 -- 11	5148	165987	27548	2,20E+08	3,62E-03	80
11	11 -- 12	5827	186752	33039	3,02E+08	3,37E-03	71
12	12 -- 13	6005	222913	39254	4,07E+08	3,11E-03	61
13	13 -- 14	108	255331	45659	5,28E+08	2,88E-03	53
14	14 -- 15	6148	297535	45774	5,30E+08	2,88E-03	52
15	15 -- 16	6480	331775	52332	6,67E+08	2,64E-03	45
16	16 -- 17	4311	371591	59243	8,26E+08	2,41E-03	37
17	17 -- 18	2361	407063	63842	9,40E+08	2,26E-03	33
18	18 -- 19	6829	422235	66360	1,01E+09	2,18E-03	31
19	19 -- 20	6945	470131	73644	1,20E+09	1,96E-03	25
20	20 -- 21	7010	520784	81052	1,43E+09	1,74E-03	20
21	21 -- 22	7015	574193	88529	1,67E+09	1,52E-03	15
22	22 -- 23	7111	665829	96011	1,93E+09	1,30E-03	11
23	23 -- 24	6692	726235	103597	2,22E+09	1,07E-03	8
24	24 -- 25	6380	787319	110735	2,52E+09	8,55E-04	5
25	25 -- 26	5853	851101	117541	2,85E+09	6,39E-04	3
26	26 -- 27	4934	917584	123784	3,19E+09	4,26E-04	1
27	27 -- 28	5088	986765	129047	3,54E+09	2,14E-04	0
28			1095575	134474	3,92E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (ULS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,96E-02	1321
2	2 -- 3		20317	20317	0,00E+00	3,96E-02	1298
3	3 -- 4			20317	4,73E+07	3,93E-02	1206
4	4 -- 5			20317	1,06E+08	3,87E-02	1093
5	5 -- 6			20317	1,65E+08	3,81E-02	982
6	6 -- 7		185992	206309	1,71E+08	3,80E-02	970
7	7 -- 8			206309	7,08E+08	3,69E-02	873
8	8 -- 9			206309	1,31E+09	3,48E-02	768
9	9 -- 10			206309	1,89E+09	3,24E-02	672
10	10 -- 11		177834	384143	1,92E+09	3,23E-02	667
11	11 -- 12			384143	2,96E+09	3,00E-02	583
12	12 -- 13			384143	4,08E+09	2,74E-02	500
13	13 -- 14			384143	5,17E+09	2,51E-02	425
14	14 -- 15		168133	552276	5,19E+09	2,51E-02	423
15	15 -- 16			552276	6,74E+09	2,27E-02	356
16	16 -- 17			552276	8,31E+09	2,04E-02	295
17	17 -- 18		33356	585632	9,33E+09	1,89E-02	258
18	18 -- 19			585632	9,92E+09	1,81E-02	240
19	19 -- 20			585632	1,16E+10	1,60E-02	191
20	20 -- 21			585632	1,33E+10	1,39E-02	149
21	21 -- 22			585632	1,49E+10	1,18E-02	112
22	22 -- 23			585632	1,66E+10	9,90E-03	81
23	23 -- 24			585632	1,83E+10	8,00E-03	55
24	24 -- 25			585632	2,00E+10	6,25E-03	35
25	25 -- 26			585632	2,16E+10	4,58E-03	19
26	26 -- 27			585632	2,33E+10	2,99E-03	9
27	27 -- 28			585632	2,49E+10	1,48E-03	2
28				585632	2,66E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (ULS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,68E-02	1207
2	2 -- 3		25921	25921	0,00E+00	3,68E-02	1186
3	3 -- 4			25921	6,04E+07	3,65E-02	1100
4	4 -- 5			25921	1,36E+08	3,58E-02	995
5	5 -- 6			25921	2,11E+08	3,50E-02	893
6	6 -- 7		159478	185400	2,19E+08	3,49E-02	882
7	7 -- 8			185400	7,01E+08	3,37E-02	793
8	8 -- 9			185400	1,24E+09	3,17E-02	698
9	9 -- 10			185400	1,77E+09	2,95E-02	610
10	10 -- 11		155893	341293	1,79E+09	2,93E-02	606
11	11 -- 12			341293	2,72E+09	2,72E-02	529
12	12 -- 13			341293	3,71E+09	2,49E-02	454
13	13 -- 14			341293	4,68E+09	2,28E-02	386
14	14 -- 15		151702	492995	4,70E+09	2,27E-02	385
15	15 -- 16			492995	6,08E+09	2,06E-02	324
16	16 -- 17			492995	7,48E+09	1,85E-02	268
17	17 -- 18		45550	538545	8,39E+09	1,72E-02	235
18	18 -- 19			538545	8,93E+09	1,64E-02	218
19	19 -- 20			538545	1,05E+10	1,45E-02	174
20	20 -- 21			538545	1,20E+10	1,26E-02	135
21	21 -- 22			538545	1,35E+10	1,08E-02	102
22	22 -- 23			538545	1,51E+10	9,02E-03	74
23	23 -- 24			538545	1,66E+10	7,29E-03	50
24	24 -- 25			538545	1,82E+10	5,70E-03	31
25	25 -- 26			538545	1,97E+10	4,18E-03	18
26	26 -- 27			538545	2,12E+10	2,73E-03	8
27	27 -- 28			538545	2,27E+10	1,35E-03	2
28				538545	2,43E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (SpLS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,17E-02	1724
2	2 -- 3		28592	28592	0,00E+00	5,17E-02	1695
3	3 -- 4			28592	6,66E+07	5,14E-02	1574
4	4 -- 5			28592	1,50E+08	5,06E-02	1426
5	5 -- 6			28592	2,32E+08	4,97E-02	1281
6	6 -- 7		236792	265383	2,41E+08	4,96E-02	1266
7	7 -- 8			265383	9,31E+08	4,81E-02	1139
8	8 -- 9			265383	1,70E+09	4,53E-02	1003
9	9 -- 10			265383	2,46E+09	4,23E-02	878
10	10 -- 11		231081	496464	2,50E+09	4,21E-02	871
11	11 -- 12			496464	3,84E+09	3,90E-02	762
12	12 -- 13			496464	5,28E+09	3,58E-02	653
13	13 -- 14			496464	6,69E+09	3,28E-02	555
14	14 -- 15		224446	720911	6,72E+09	3,27E-02	554
15	15 -- 16			720911	8,74E+09	2,97E-02	466
16	16 -- 17			720911	1,08E+10	2,67E-02	386
17	17 -- 18		50830	771741	1,21E+10	2,47E-02	338
18	18 -- 19			771741	1,29E+10	2,37E-02	314
19	19 -- 20			771741	1,51E+10	2,09E-02	250
20	20 -- 21			771741	1,73E+10	1,81E-02	195
21	21 -- 22			771741	1,95E+10	1,55E-02	147
22	22 -- 23			771741	2,17E+10	1,30E-02	106
23	23 -- 24			771741	2,39E+10	1,05E-02	72
24	24 -- 25			771741	2,61E+10	8,19E-03	45
25	25 -- 26			771741	2,83E+10	6,01E-03	25
26	26 -- 27			771741	3,05E+10	3,92E-03	11
27	27 -- 28			771741	3,27E+10	1,94E-03	3
28				771741	3,49E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (SpLS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,00E-02	1965
2	2 -- 3		42966	42966	0,00E+00	6,00E-02	1931
3	3 -- 4			42966	1,00E+08	5,95E-02	1792
4	4 -- 5			42966	2,25E+08	5,83E-02	1621
5	5 -- 6			42966	3,49E+08	5,69E-02	1453
6	6 -- 7		257571	300537	3,62E+08	5,68E-02	1436
7	7 -- 8			300537	1,14E+09	5,48E-02	1291
8	8 -- 9			300537	2,02E+09	5,16E-02	1136
9	9 -- 10			300537	2,87E+09	4,79E-02	994
10	10 -- 11		253469	554007	2,92E+09	4,78E-02	987
11	11 -- 12			554007	4,41E+09	4,42E-02	862
12	12 -- 13			554007	6,02E+09	4,05E-02	739
13	13 -- 14			554007	7,60E+09	3,71E-02	629
14	14 -- 15		248770	802777	7,63E+09	3,70E-02	627
15	15 -- 16			802777	9,87E+09	3,35E-02	528
16	16 -- 17			802777	1,22E+10	3,02E-02	437
17	17 -- 18		76870	879647	1,36E+10	2,80E-02	383
18	18 -- 19			879647	1,45E+10	2,68E-02	356
19	19 -- 20			879647	1,70E+10	2,36E-02	284
20	20 -- 21			879647	1,95E+10	2,06E-02	221
21	21 -- 22			879647	2,20E+10	1,76E-02	166
22	22 -- 23			879647	2,46E+10	1,47E-02	120
23	23 -- 24			879647	2,71E+10	1,19E-02	81
24	24 -- 25			879647	2,96E+10	9,29E-03	51
25	25 -- 26			879647	3,21E+10	6,81E-03	29
26	26 -- 27			879647	3,46E+10	4,45E-03	13
27	27 -- 28			879647	3,70E+10	2,20E-03	3
28				879647	3,96E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	9,21E-04	16
2	2 -- 3				1,30E+07	9,21E-04	16
3	3 -- 4				1,30E+07	7,94E-04	14
4	4 -- 5				1,30E+07	6,96E-04	12
5	5 -- 6				1,30E+07	6,33E-04	10
6	6 -- 7				4,11E+07	6,29E-04	9
7	7 -- 8				4,11E+07	5,23E-04	8
8	8 -- 9				4,11E+07	4,38E-04	7
9	9 -- 10				4,11E+07	3,77E-04	5
10	10 -- 11				6,93E+07	3,74E-04	5
11	11 -- 12				6,93E+07	3,07E-04	4
12	12 -- 13				6,93E+07	2,57E-04	4
13	13 -- 14				6,93E+07	2,23E-04	3
14	14 -- 15				9,76E+07	2,22E-04	3
15	15 -- 16				9,76E+07	1,84E-04	2
16	16 -- 17				9,76E+07	1,54E-04	2
17	17 -- 18				1,15E+08	1,37E-04	2
18	18 -- 19				1,15E+08	1,27E-04	1
19	19 -- 20				1,15E+08	1,04E-04	1
20	20 -- 21				1,15E+08	8,50E-05	1
21	21 -- 22				1,15E+08	6,85E-05	1
22	22 -- 23				1,15E+08	5,43E-05	0
23	23 -- 24				1,15E+08	4,18E-05	0
24	24 -- 25				1,15E+08	3,12E-05	0
25	25 -- 26				1,15E+08	2,20E-05	0
26	26 -- 27				1,15E+08	1,38E-05	0
27	27 -- 28				1,15E+08	6,61E-06	0
28					1,15E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS / SpLS -toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,78	0,36
Belasting geval 1a (ULS)	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3 (ULS)	Q_{ik} =	0,00	0,00
Belasting geval 1a (SpLS)	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 3 (SpLS)	Q_{ik} =	0,00	1,50

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	18,56	43,11	52,78
3	3 -- 4	25,73	43,76	114,55
4	4 -- 5	36,11	44,65	241,93
5	5 -- 6	48,09	45,63	372,83
6	6 -- 7	111,23	303,31	420,60
7	7 -- 8	124,77	304,28	1210,46
8	8 -- 9	141,55	305,44	2094,56
9	9 -- 10	159,79	306,67	2966,82
10	10 -- 11	224,45	560,20	3046,98
11	11 -- 12	245,21	561,44	4561,20
12	12 -- 13	281,37	562,84	6191,40
13	13 -- 14	313,79	564,28	7797,54
14	14 -- 15	379,84	813,08	7860,01
15	15 -- 16	414,08	814,55	10138,69
16	16 -- 17	453,89	816,11	12462,38
17	17 -- 18	513,14	894,01	13990,29
18	18 -- 19	528,31	894,58	14884,59
19	19 -- 20	576,20	896,22	17436,47
20	20 -- 21	626,86	897,88	19993,07
21	21 -- 22	680,27	899,57	22554,43
22	22 -- 23	771,90	901,25	25120,59
23	23 -- 24	832,31	902,96	27754,74
24	24 -- 25	893,39	904,56	30303,34
25	25 -- 26	957,17	906,09	32856,36
26	26 -- 27	1023,66	907,50	35413,53
27	27 -- 28	1092,84	908,68	37974,34
28		1201,65	909,90	40611,29

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven (geval 3 - SpLS)

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 708	52,78	18,56	19	53,1	1224,6	0,05
2	500 / 708	114,55	25,73	77	116,9	1673,3	0,07
3	500 / 708	241,93	36,11	95	247,7	2329,4	0,11
4	708 / 812	372,83	48,09	93	383,0	3094,0	0,13
5	812 / 1122	420,60	111,23	9	431,9	3506,7	0,13
6	812 / 1122	1210,46	124,77	81	1231,8	4378,8	0,29
7	812 / 1122	2094,56	141,55	86	2128,2	5465,8	0,40
8	812 / 1122	2966,82	159,79	79	3013,1	6651,5	0,46
9	1122/ 1224	3046,98	224,45	4	3094,2	7349,4	0,43
10	1122/ 1224	4561,20	245,21	70	4625,5	8705,9	0,54
11	1224/ 1328	6191,40	281,37	69	6275,0	11614,7	0,55
12	1328/ 1532	7797,54	313,79	62	7900,6	15052,5	0,53
13	1328/ 1532	7860,01	379,84	1	7963,5	15091,3	0,54
14	1328/ 1532	10138,69	414,08	55	10265,1	17347,8	0,60
15	1532/ 1737	12462,38	453,89	51	12611,9	21142,6	0,60
16	1532/ 1737	13990,29	513,14	30	14155,3	22942,4	0,63
17	1532/ 1737	14884,59	528,31	15	15057,6	23945,8	0,64
18	1737/ 2758	17436,47	576,20	40	17632,7	28624,5	0,62
19	1737/ 2758	19993,07	626,86	35	20211,5	31981,5	0,64
20	1737/ 2758	22554,43	680,27	30	22793,6	35524,8	0,65
21	1737/ 2758	25120,59	771,90	26	25379,7	39254,2	0,66
22	1737/ 2758	27754,74	832,31	22	28032,0	43268,3	0,66
23	1737/ 2758	30303,34	893,39	17	30595,6	47330,5	0,66
24	1737/ 2758	32856,36	957,17	13	33160,9	51575,0	0,65
25	1737/ 2758	35413,53	1023,66	9	35727,3	56001,8	0,65
26	1737/ 2758	37974,34	1092,84	5	38293,9	60610,8	0,64
27	1737/ 2758	40611,29	1201,65	2	40933,0	65540,7	0,64

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
520	18,0	28,91	0,81	355	355
604	18,0	33,55	0,81	355	355
708	18,0	39,33	0,81	355	355
812	18,0	45,10	0,81	355	355
823	20,0	41,13	0,81	355	355
916	20,0	45,79	0,81	355	355
1020	20,0	50,98	0,81	355	355
1122	20,0	56,09	0,81	355	355
1127	22,0	51,24	0,81	355	355
1224	22,0	55,64	0,81	355	355
1328	25,0	53,12	0,81	355	355
1430	28,0	51,07	0,81	355	355
1432	28,0	51,14	0,81	355	355
1532	28,0	54,72	0,81	355	355
1634	30,0	54,48	0,81	355	355
1701	30,0	56,69	0,81	355	355
1737	30,0	57,88	0,81	355	355
1839	32,0	57,46	0,81	355	355
1941	32,0	60,65	0,81	351	355
2043	32,0	63,84	0,81	338	355
2145	32,0	67,03	0,81	327	355
2250	32,0	70,31	0,81	317	355
2351	32,0	73,46	0,81	308	355
2452	32,0	76,62	0,81	300	355
2553	32,0	79,78	0,81	292	355
2654	32,0	82,94	0,81	285	355
2758	32,0	86,19	0,81	278	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 708	16,06	0,67	355	355	0,05
2	500 / 708	28,81	0,84	355	355	0,08
3	500 / 708	44,23	1,00	355	355	0,13
4	708 / 812	50,40	1,15	355	355	0,15
5	812 / 1122	44,32	2,22	355	355	0,13
6	812 / 1122	111,25	2,34	355	355	0,32
7	812 / 1122	153,95	2,38	355	355	0,44
8	812 / 1122	176,97	2,42	355	355	0,51
9	1122/ 1224	150,19	2,95	355	355	0,43
10	1122/ 1224	204,91	3,08	355	355	0,59
11	1224/ 1328	208,22	2,86	355	355	0,59
12	1328/ 1532	200,83	2,64	355	355	0,57
13	1328/ 1532	187,57	3,08	355	355	0,54
14	1328/ 1532	224,95	3,24	355	355	0,64
15	1532/ 1737	226,05	3,10	355	355	0,65
16	1532/ 1737	228,07	3,32	355	355	0,65
17	1532/ 1737	228,04	3,32	355	355	0,65
18	1737/ 2758	231,70	3,26	355	355	0,66
19	1737/ 2758	236,96	3,36	355	351	0,68
20	1737/ 2758	239,90	3,45	355	338	0,69
21	1737/ 2758	241,12	3,72	355	327	0,69
22	1737/ 2758	241,32	3,82	355	317	0,69
23	1737/ 2758	239,89	3,92	355	308	0,69
24	1737/ 2758	238,16	4,02	355	300	0,68
25	1737/ 2758	235,90	4,12	355	292	0,68
26	1737/ 2758	233,24	4,23	355	285	0,67
27	1737/ 2758	230,47	4,47	355	278	0,67

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

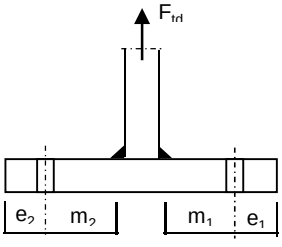
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

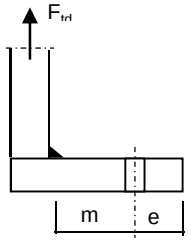
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

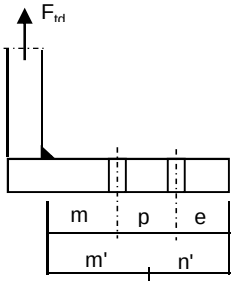
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	540,64	8,43	28	M 48 - 8,8	848,4	0,64
flenzen op 17,10 m hoogte.							
st.c buitenkant		1925,00					
st.c binnenkant		1735,00					
	88	645,81	10,24	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,61
flenzen op 39,90 m hoogte.							
st.c buitenkant		1130,00					
1130,00	32	676,10	17,59	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,64

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
3058,00	2394,00	143,2	104,0	104,0			139,3
3058,00	2394,00	143,2	104,0	104,0			177,9
flenzen op 17,10 m hoogte.							
1925,00	1735,0	71,3	60,0	60,0	118,8	107,5	123,9
1925,00	1735,0	71,3	60,0	60,0	118,8	107,5	123,9
flenzen op 39,90 m hoogte.							
1130,00	1130,0	64,2	60,0	60,0			110,9
1130,00	1130,0	67,2	60,0	60,0			110,9

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	7,47E+07	2085,10	1317,83	1696,90	1317,83	1081,29	0,82
80	9,54E+07	2663,42	1485,34	1696,90	1485,34	1081,29	0,73
flenzen op 17,10 m hoogte.							
120	1,23E+08	2882,65	1549,75	2121,12	1549,75	1291,63	0,83
120	1,23E+08	2882,65	1549,75	2121,12	1549,75	1291,63	0,83
flenzen op 39,90 m hoogte.							
80	5,95E+07	1853,04	991,28	1060,56	991,28	676,10	0,68
80	5,95E+07	1770,29	967,90	1060,56	967,90	676,10	0,70
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2758	0,82	1,629	0,18	7,39

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	758	1,000		1,000			
2	746	0,984	1 -- 2	0,992	133	377	894,6
3	697	0,920	2 -- 3	0,952	598		256,6
4	636	0,840	3 -- 4	0,880	865		298,2
5	577	0,762	4 -- 5	0,801	999		344,3
6	571	0,754	5 -- 6	0,758	122	3210	11106,7
7	519	0,685	6 -- 7	0,719	1128		433,8
8	464	0,612	7 -- 8	0,649	1399		482,4
9	412	0,544	8 -- 9	0,578	1520		533,3
10	410	0,540	9 -- 10	0,542	92	3326	22788,3
11	363	0,479	10 -- 11	0,510	1730		640,9
12	317	0,418	11 -- 12	0,449	2280	733	1039,1
13	274	0,362	12 -- 13	0,390	2702		947,9
14	273	0,361	13 -- 14	0,361	49	3445	69876,6
15	234	0,309	14 -- 15	0,335	2853		1019,1
16	197	0,260	15 -- 16	0,285	3318		1164,2
17	175	0,231	16 -- 17	0,246	2269	677	1592,3
18	164	0,216	17 -- 18	0,224	1264		1264,3
19	133	0,176	18 -- 19	0,196	3991		1400,5
20	105	0,139	19 -- 20	0,157	4221		1481,1
21	81	0,107	20 -- 21	0,123	4451		1561,7
22	60	0,079	21 -- 22	0,093	4681	2956	2679,4
23	41	0,054	22 -- 23	0,067	5034		1723,9
24	26	0,035	23 -- 24	0,045	5090		1805,1
25	15	0,020	24 -- 25	0,027	5315		1884,8
26	7	0,009	25 -- 26	0,014	5540		1964,6
27	2	0,002	26 -- 27	0,006	5765		2044,4
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	6163	2904	3126,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	895	0,992	0,570	0,56	501,90	0,57
2 -- 3	257	0,952	2,330	2,11	541,63	2,22
3 -- 4	298	0,880	2,900	2,24	669,14	2,55
4 -- 5	344	0,801	2,900	1,86	640,12	2,32
5 -- 6	11107	0,758	0,300	0,17	1912,15	0,23
6 -- 7	434	0,719	2,600	1,35	583,84	1,87
7 -- 8	482	0,649	2,900	1,22	588,80	1,88
8 -- 9	533	0,578	2,850	0,95	507,68	1,65
9 -- 10	22788	0,542	0,150	0,04	1004,40	0,08
10 -- 11	641	0,510	2,700	0,70	449,88	1,38
11 -- 12	1039	0,449	2,900	0,58	606,80	1,30
12 -- 13	948	0,390	2,850	0,43	410,49	1,11
13 -- 14	69877	0,361	0,050	0,01	455,57	0,02
14 -- 15	1019	0,335	2,800	0,31	319,87	0,94
15 -- 16	1164	0,285	2,850	0,23	268,99	0,81
16 -- 17	1592	0,246	1,850	0,11	177,96	0,45
17 -- 18	1264	0,224	1,000	0,05	63,19	0,22
18 -- 19	1400	0,196	2,850	0,11	152,98	0,56
19 -- 20	1481	0,157	2,850	0,07	104,52	0,45
20 -- 21	1562	0,123	2,850	0,04	67,36	0,35
21 -- 22	2679	0,093	2,850	0,02	65,78	0,26
22 -- 23	1724	0,067	2,920	0,01	22,28	0,19
23 -- 24	1805	0,045	2,820	0,01	10,14	0,13
24 -- 25	1885	0,027	2,820	0,00	3,98	0,08
25 -- 26	1965	0,014	2,820	0,00	1,14	0,04
26 -- 27	2044	0,006	2,820	0,00	0,18	0,02
27 -- 28	3127	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,21	10130,77	21,68

m_e = 10130,8 / 13,2 = 766,9 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2758	766,9	0,030	1,25	1,629	13,9

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,9

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,68 / (4 * π * 13,21) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,629 * 7,39 / $15*10^{-6}$ = 8,0E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,77 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,44 / 21,68 = 0,39

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,072 * 0,131 * 0,39 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,629 * 0,023 = 0,037 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		175655	175655	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			175655	1,00E+08	5,1E-02	971
3	3 -- 4			175655	5,09E+08	4,8E-02	854
4	4 -- 5			175655	1,02E+09	4,2E-02	722
5	5 -- 6			175655	1,53E+09	3,6E-02	608
6	6 -- 7			175655	1,58E+09	3,6E-02	597
7	7 -- 8			175655	2,04E+09	3,1E-02	510
8	8 -- 9			175655	2,55E+09	2,6E-02	426
9	9 -- 10			175655	3,05E+09	2,2E-02	357
10	10 -- 11			175655	3,07E+09	2,2E-02	354
11	11 -- 12			175655	3,55E+09	1,9E-02	299
12	12 -- 13			175655	4,06E+09	1,6E-02	248
13	13 -- 14			175655	4,56E+09	1,4E-02	205
14	14 -- 15			175655	4,57E+09	1,4E-02	205
15	15 -- 16			175655	5,06E+09	1,2E-02	169
16	16 -- 17			175655	5,56E+09	1,0E-02	137
17	17 -- 18			175655	5,88E+09	9,3E-03	119
18	18 -- 19			175655	6,06E+09	8,8E-03	109
19	19 -- 20			175655	6,56E+09	7,6E-03	86
20	20 -- 21			175655	7,06E+09	6,4E-03	66
21	21 -- 22			175655	7,56E+09	5,4E-03	49
22	22 -- 23			175655	8,06E+09	4,4E-03	35
23	23 -- 24			175655	8,58E+09	3,5E-03	24
24	24 -- 25			175655	9,07E+09	2,7E-03	15
25	25 -- 26			175655	9,57E+09	2,0E-03	8
26	26 -- 27			175655	1,01E+10	1,3E-03	4
27	27 -- 28			175655	1,06E+10	6,2E-04	1
28	28 -- 29			175655	1,11E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	520	18,0	3,4497E+06	29	0,0369	2,1
2	604	18,0	4,7134E+06	108	0,0369	8,0
3	708	18,0	6,5617E+06	155	0,0369	11,4
4	812	18,0	8,7155E+06	175	0,0369	12,9
5	823	20,0	9,8780E+06	160	0,0369	11,8
6	916	20,0	1,2335E+07	165	0,0369	12,2
7	1020	20,0	1,5397E+07	165	0,0369	12,2
8	1122	20,0	1,8737E+07	163	0,0369	12,0
9	1127	22,0	2,0703E+07	148	0,0369	10,9
10	1224	22,0	2,4524E+07	145	0,0369	10,7
11	1328	25,0	3,2717E+07	124	0,0369	9,1
12	1430	28,0	4,2401E+07	108	0,0369	7,9
13	1432	28,0	4,2511E+07	107	0,0369	7,9
14	1532	28,0	4,8867E+07	104	0,0369	7,6
15	1634	30,0	5,9557E+07	93	0,0369	6,9
16	1701	30,0	6,4626E+07	91	0,0369	6,7
17	1737	30,0	6,7453E+07	90	0,0369	6,6
18	1839	32,0	8,0632E+07	81	0,0369	6,0
19	1941	32,0	9,0089E+07	78	0,0369	5,8
20	2043	32,0	1,0007E+08	76	0,0369	5,6
21	2145	32,0	1,1058E+08	73	0,0369	5,4
22	2250	32,0	1,2188E+08	70	0,0369	5,2
23	2351	32,0	1,3333E+08	68	0,0369	5,0
24	2452	32,0	1,4528E+08	66	0,0369	4,9
25	2553	32,0	1,5775E+08	64	0,0369	4,7
26	2654	32,0	1,7073E+08	62	0,0369	4,6
27	2758	32,0	1,8462E+08	60	0,0369	4,4

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,82 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 7,39 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

z_s = 58,113 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,19

$V_m(z)$ = 32,1 m/s

V_o = 32,1 * 20 / 100 = 6,41 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,82 * [7,39 / 6,41]^2 * \exp[-(7,39 / 6,41)^2]$ = 2,76E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

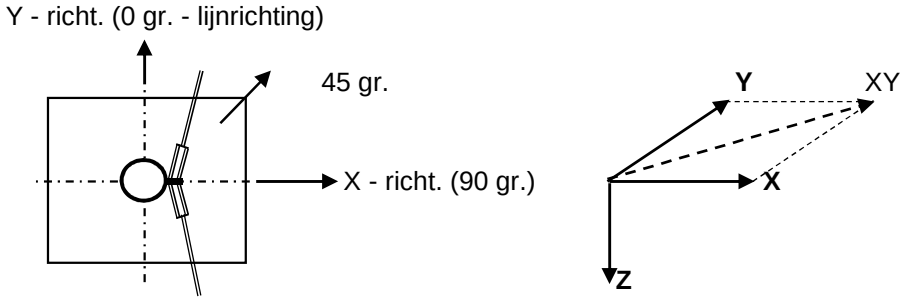
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	9,56	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
4	Lasnaad	13,73	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
5	Lasnaad	15,51	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	14,61	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
8	Lasnaad	14,63	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
9	Lasnaad	14,39	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
12	flenzen	10,97	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03
13	Lasnaad	9,51	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
14							
15	Lasnaad	9,16	46	25,30	1,000E+10	2,76E+08	0,03
16	Lasnaad	8,26	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,95	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
19	Lasnaad	7,20	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
20	Lasnaad	6,93	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
21	Lasnaad	6,68	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
22	flenzen	6,45	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03
23	Lasnaad	6,22	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
24	Lasnaad	6,02	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
25	Lasnaad	5,82	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
26	Lasnaad	5,64	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
27	Lasnaad	5,47	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
28	voetplaat	5,30	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	XY - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_{xy} - reactie kNm	M_t - reactie kNm
Windrich. 90 graden					
1 - EG mast		978			
2 - Windbelasting mast	134			3924	
3 - BG 1a (ULS)	586	117		26723	1198
4 - BG 3 (ULS)	539	223		24552	1252
5 - BG 1a (SpLS)	772	74		34995	1078
6 - BG 3 (SpLS)	880	91		39728	1266
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	720	1096		30647	1198
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG4 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	576	1202		25655	1252
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,78 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	837	1053		36908	1078
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,36 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	910	**1069**		**40611**	**1266**

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS / SpLS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS / SpLS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment - XY	22172	kNm	40611	kNm	40611	kNm
Dwarskracht - XY	516	kN	910	kN	910	kN
Verticale kracht	912	kN	1069	kN	821	kN

Opmerking:
In SLS- toestand is de belastingcombinatie met geleiderbelasting 1a maatgevend.

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	540,64	8,43	28	M 48 - 8,8	848,45	0,64
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	292,80	4,78	28	M 48 - 8,8	848,45	0,35

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 540,6 kN

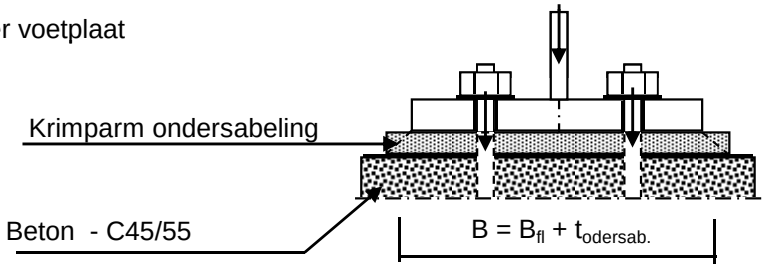
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 292,8 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 561,7 + 1,00 * 292,8 = 854,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

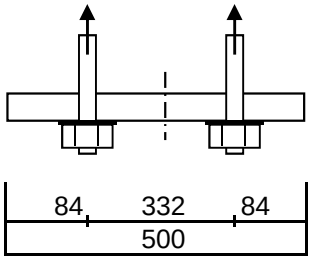
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	540,0	mm	D =	2726	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	108	
B =	580,0	mm			

A_{voetpl} = 580 * 2*π*D / n = 91984 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 18,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

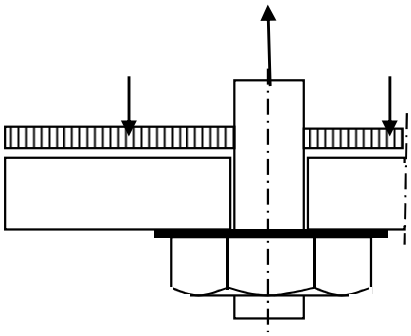


D = 2726 mm
n = 108

$A_{stortring}$ = 500 * 2*π*D / n = 79296 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 84 mm
L_{veld} = 332 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 48108 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2264 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 139769 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 139769 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2264 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 139769 / 179718,8 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 276,1 N/mm^2

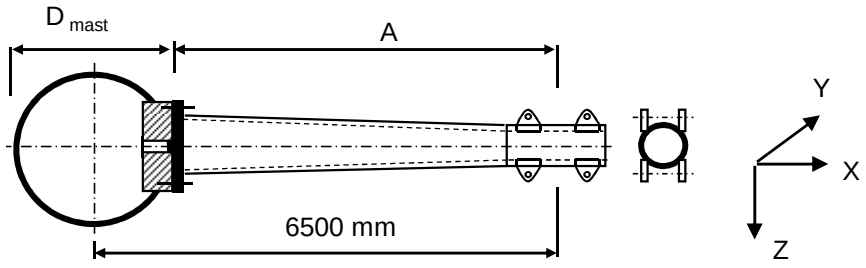
V_{Ed} / V_{Rd} = 2264 / 9223 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (276,1^2 + 3*50,3^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 290 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening crossbeam - hoogte 54,0m, 45,5m en 37m



A = 6089 mm

D_{mast} = 823 mm

Buisgegevens

Buis Ø450 * 16 - S355 (aansluiting mast) ; buis 219,1*12,5 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	21815	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	5163	kN
$W_y = W_z$ =	2,29E+06	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	541,0	kNm
W_x =	4,57E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	541,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	624,7	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	1490,4	kN

Bouten: 24 * M24 - 10.9

$F_{t,Rd}$ = 254,2 / 1,5 = 169,4 kN

$F_{v,Rd}$ = 141,2 / 1,5 = 94,1 kN

Steek bouten - Ø 542 mm

Flensdikte t_{flens} = 35 mm

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	14973	63018	4323	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	11697	64461	7745	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	7910	42587	4498	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8448	59141	7856	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	10500	49732	4414	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9613	60662	7821	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	14,97	63,02	4,32	0,00	26,32	383,70
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,70**	**64,46**	**7,74**	**0,00**	**47,15**	**392,48**
BG 1a - (wind (45 gr))	7,91	42,59	4,50	0,00	27,38	259,30
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,45	59,14	7,86	0,00	47,83	360,09
BG 1a - (wind (-45 gr))	10,50	49,73	4,41	0,00	26,88	302,81
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9,61	60,66	7,82	0,00	47,62	369,35

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B \quad ; \quad B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B \quad ; \qquad M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (- wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	47,15	/ 541	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		20,6	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	392,48	/ 541	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,z}$ =		171,7	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	11,70	/ 5163	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		0,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	7,74	/ 1490	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		0,7	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	64,46	/ 1490	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		5,9	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N =$ 173,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 173,5 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $\qquad 0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Buis 450*16 aan de flens

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$	=	395,3	kNm	
$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$	=	64,9	kN	
N_{Ed}	=	11,7	kN	
$F_{t,Ed}$	=	122,04	kN	
$F_{v,Ed}$	=	2,71	kN	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$	=	0,72	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$	=	0,54	< 1,0	-- Voldoet

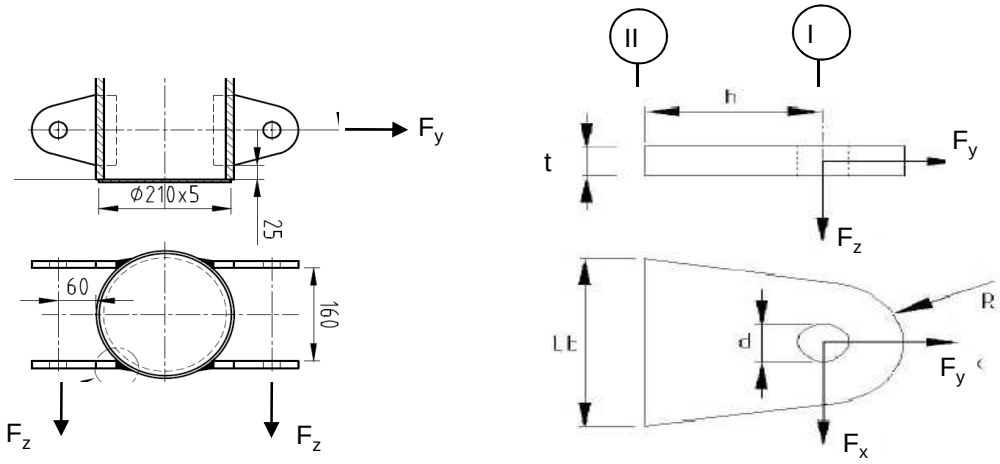
Controle flens:

t_{flens}	=	35,00	mm
L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m)	=	70,9	mm
m	=	39,2	mm
n	=	30,0	mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 5142225 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$	=	262,3	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$	=	147,7	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$	=	169,4	kN
	$F_{t,Rd,min}$	=	147,7	kN
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$	=	0,83	< 1,0	-- Voldoet

9.1.1 - Berekening clip crossbeam (clip type 20,6)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	93	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	14,97	63,02	4,32
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,70**	**64,46**	**7,74**
BG 1a - (wind (45 gr))	7,91	42,59	4,50
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,45	59,14	7,86
BG 1a - (wind (-45 gr))	10,50	49,73	4,41
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9,61	60,66	7,82

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant):	**2,92**	**16,12**	**3,87**

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 16,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 24 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1440	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	341 kN
W_z =	2,88E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	6,8 kNm
W_x =	2,88E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	0,7 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	196,8 kN

N_{Ed} =	16,12	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,27	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,87	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,36	kNm
$V_{x,Ed}$ =	2,92	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,12	/	341	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,27	/	6,8	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		9,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,36	/	0,7	=	0,53	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		125,0	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,87	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	2,92	/	197	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		2,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 145,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 146 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

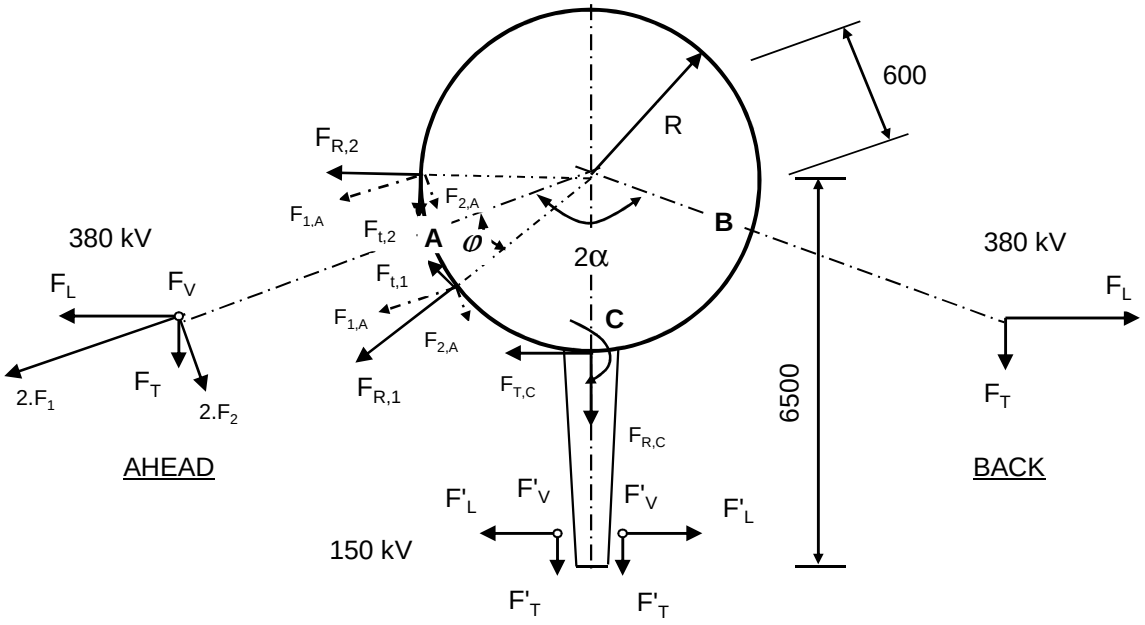
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 / 150 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;A} + F_{T;2;A} \text{ I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;B} + F_{T;2;B} \text{ I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (6500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (6500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

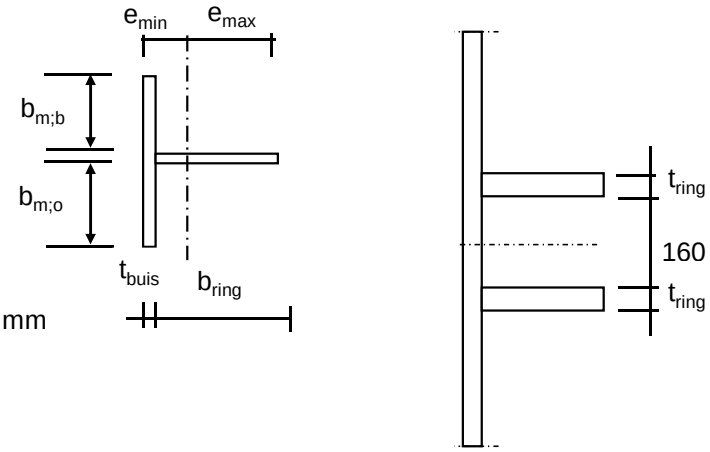
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

9.2.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 54,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	280	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	13318	mm^2
e_{min} =	88,8	mm
e_{max} =	211,2	mm
I =	120659889	mm^4
W_{min} =	571420	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3152	kN
$M_{y;Rd}$ =	135	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4676	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	956	kN

Belastingen - bevestiging op 54,0 meter hoogte

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL en AL1
Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 823 mm

R = 411 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden

Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (411+205)) = 29,1 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,9	52,4	62,4	54,9	102,7	191,9
BG 3 - (wind (90) + ijs)	59,2	55,0	60,1	56,0	176,4	196,2
BG 1a - (wind (45 gr))	39,2	36,3	48,0	43,3	103,0	129,7
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,0	51,3	55,4	52,8	177,3	180,0
Bundelbreuk-(90 gr)	43,2	39,3	0,0	0,0	102,7	141,3
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	46,6	43,2	0,0	0,0	120,1	154,3
Bundelbr.-(45 gr)	34,5	33,0	0,0	0,0	103,6	116,3
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	40,5	39,1	0,0	0,0	121,1	137,3

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

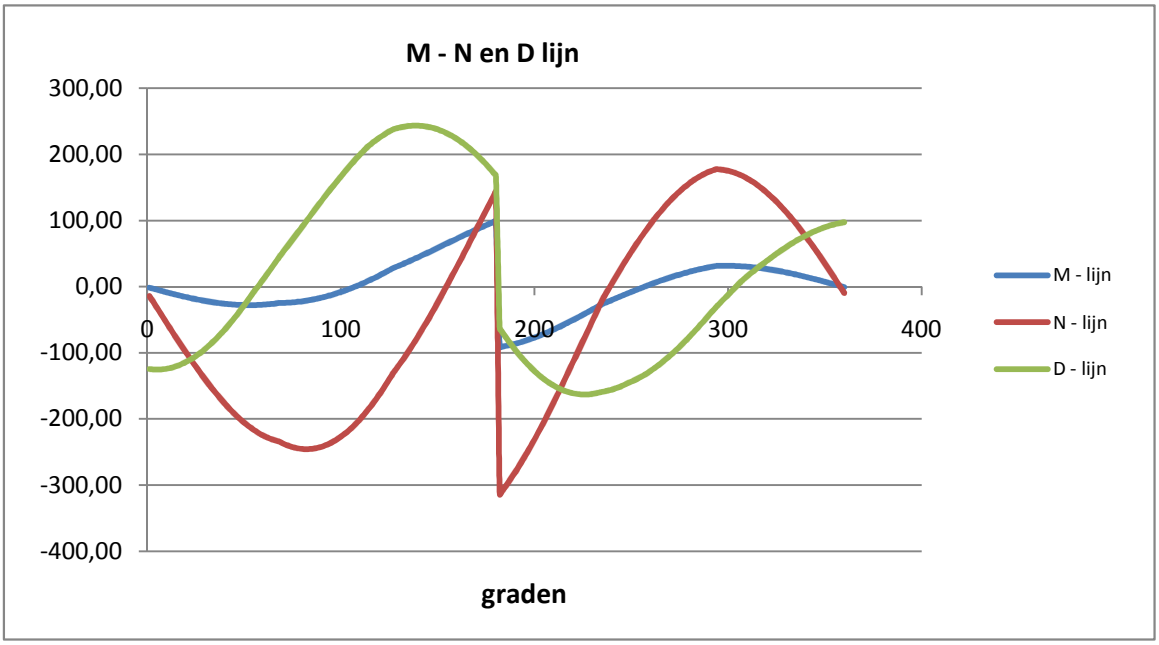
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,45	-14,18	-124,70	11,49	93,35
15,0	-12,94	-82,34	-119,30	9,19	74,60
30,0	-22,12	-145,03	-91,36	5,13	41,64
45,0	-27,25	-195,23	-43,68	0,33	2,70
60,0	-26,92	-226,98	15,70	3,53	28,71
75,0	-23,38	-243,53	75,29	7,59	61,62
90,0	-15,80	-241,12	133,67	14,32	116,32
105,0	-1,47	-212,12	187,61	20,24	164,41
120,0	18,77	-158,12	227,64	20,64	167,62
135,0	39,41	-92,88	243,34	20,54	166,82
150,0	59,94	-18,62	236,82	21,04	
165,0	80,99	64,46	210,25	18,05	
180,0	99,03	143,07	167,95	180,01	Flens crossbea
195,0	-80,97	-251,77	-116,15	17,71	
210,0	-63,26	-168,35	-151,59	22,44	
225,0	-40,82	-76,05	-163,19	22,01	178,73
240,0	-18,81	10,01	-154,95	17,89	145,27
255,0	-0,93	78,65	-134,87	15,70	127,54
270,0	14,78	132,86	-101,68	12,00	97,49
285,0	26,78	167,87	-56,88	4,70	38,14
300,0	31,48	174,51	-9,34	3,17	25,75
315,0	28,30	151,73	30,03	7,40	60,12
330,0	20,90	109,42	61,71	10,45	84,88
345,0	10,45	52,09	85,27	11,10	90,12
360,0	-0,64	-9,62	97,52	0,80	6,51

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

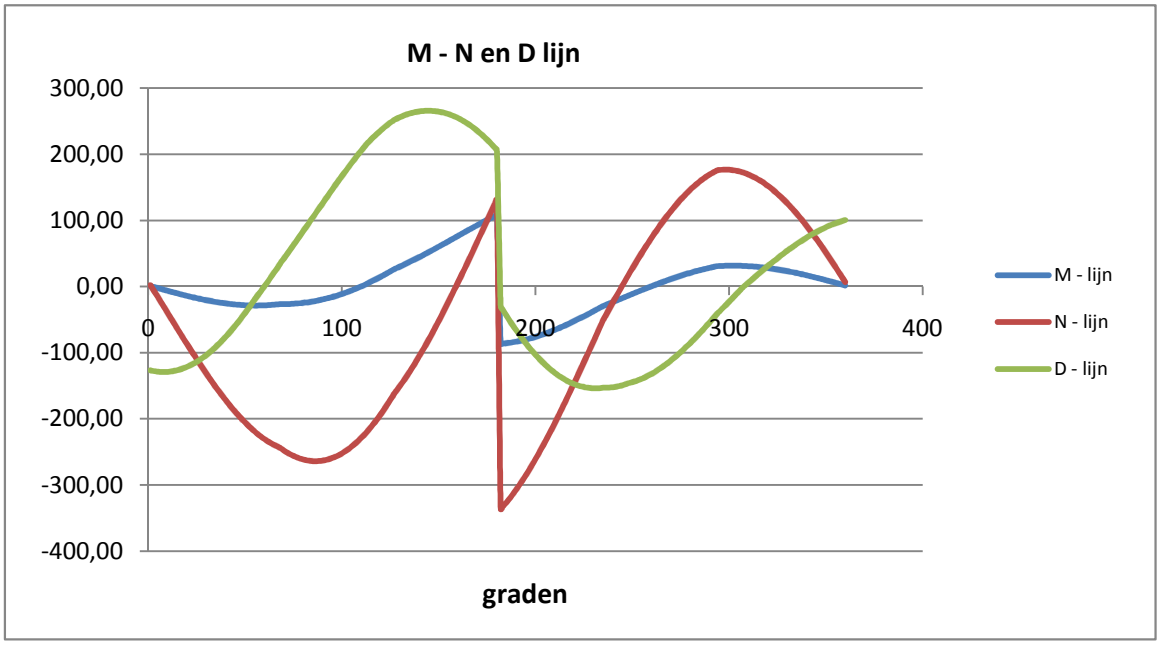
$S =$ 980000 mm^3

$I =$ 120659889 mm^4



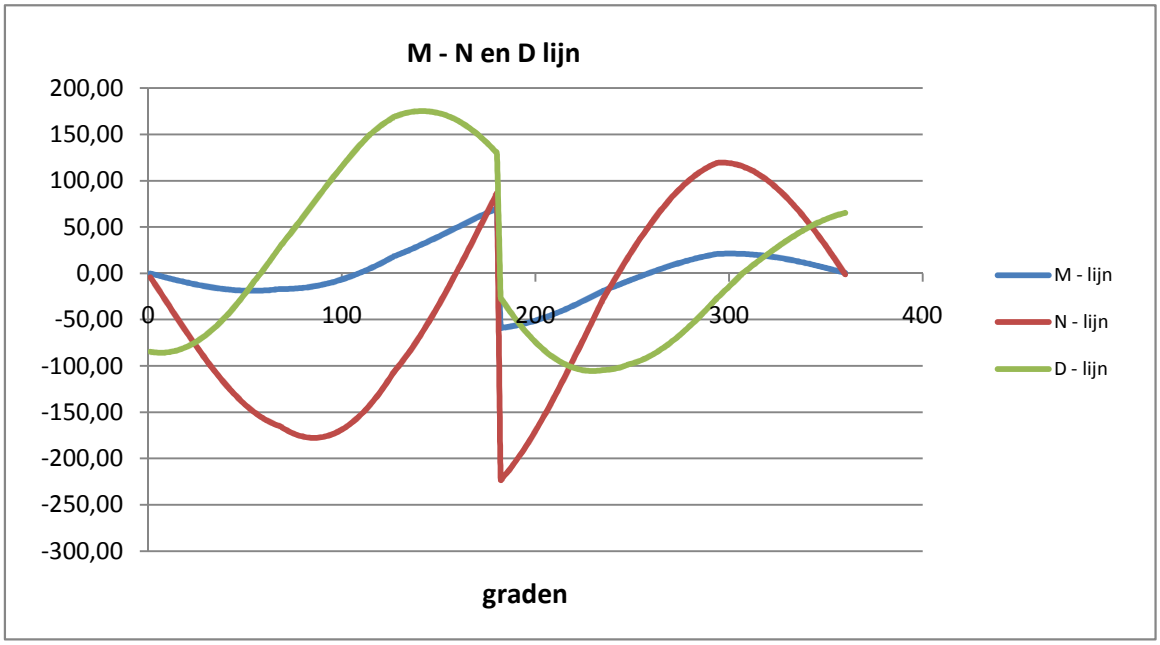
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	0,83	1,98	-126,62	11,97	97,22
15,0	-11,14	-68,77	-125,66	10,04	81,54
30,0	-21,18	-136,40	-101,07	6,22	50,51
45,0	-27,40	-193,36	-55,07	0,81	6,57
60,0	-28,21	-232,94	4,74	2,50	20,31
75,0	-25,71	-257,69	66,97	6,90	56,02
90,0	-18,81	-262,85	130,10	14,24	115,66
105,0	-4,57	-239,78	190,62	20,93	170,03
120,0	16,37	-189,26	238,34	22,34	181,48
135,0	38,71	-124,11	262,27	23,21	188,54
150,0	61,92	-46,39	263,77	24,49	
165,0	86,42	43,46	244,00	21,80	
180,0	108,22	131,05	206,18	187,47	
195,0	-79,25	-280,46	-89,46	15,16	Flens crossbea
210,0	-64,09	-200,38	-132,76	20,78	
225,0	-43,30	-108,01	-152,48	21,27	172,79
240,0	-22,03	-18,66	-151,76	18,00	146,23
255,0	-4,02	55,94	-137,94	16,46	133,67
270,0	12,43	117,89	-109,27	13,18	107,03
285,0	25,61	161,48	-66,89	5,92	48,09
300,0	31,53	176,25	-19,77	2,14	17,38
315,0	29,39	160,23	21,15	6,61	53,66
330,0	22,79	122,88	56,09	10,03	81,46
345,0	12,76	68,21	83,90	11,11	90,21
360,0	1,65	6,61	100,40	0,82	6,64



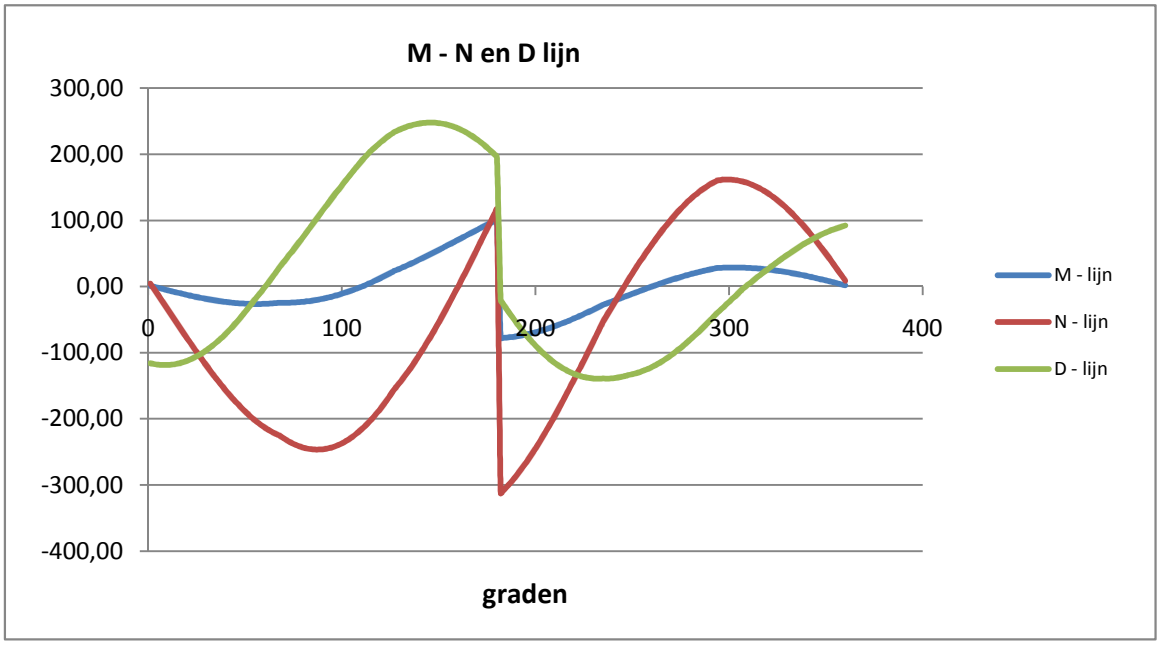
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,18	-4,18	-84,62	7,93	64,37
15,0	-8,11	-51,87	-82,39	6,47	52,55
30,0	-14,58	-96,76	-64,40	3,76	30,54
45,0	-18,34	-133,81	-32,31	0,02	0,14
60,0	-18,35	-158,60	8,64	1,94	15,72
75,0	-16,42	-173,81	50,31	4,62	37,53
90,0	-11,80	-176,29	91,67	9,54	77,52
105,0	-2,25	-159,66	130,77	14,00	113,72
120,0	11,75	-124,62	160,97	14,39	116,89
135,0	26,14	-81,11	174,47	14,59	118,47
150,0	40,73	-30,20	172,62	15,42	
165,0	56,15	28,61	156,89	13,69	
180,0	69,84	85,84	129,83	123,20	Flens crossbea
195,0	-53,36	-183,46	-65,46	10,67	
210,0	-42,69	-128,36	-93,27	14,27	
225,0	-28,41	-65,75	-105,01	14,44	117,26
240,0	-13,98	-5,89	-102,95	12,09	98,19
255,0	-1,89	43,41	-92,55	10,89	88,43
270,0	9,00	83,60	-72,73	8,56	69,53
285,0	17,56	111,00	-43,96	3,65	29,65
300,0	21,21	118,87	-12,20	1,74	14,13
315,0	19,47	106,13	14,68	4,70	38,16
330,0	14,77	79,26	37,09	6,91	56,09
345,0	7,87	41,14	54,86	7,50	60,92
360,0	0,37	-1,03	65,39	0,55	4,45



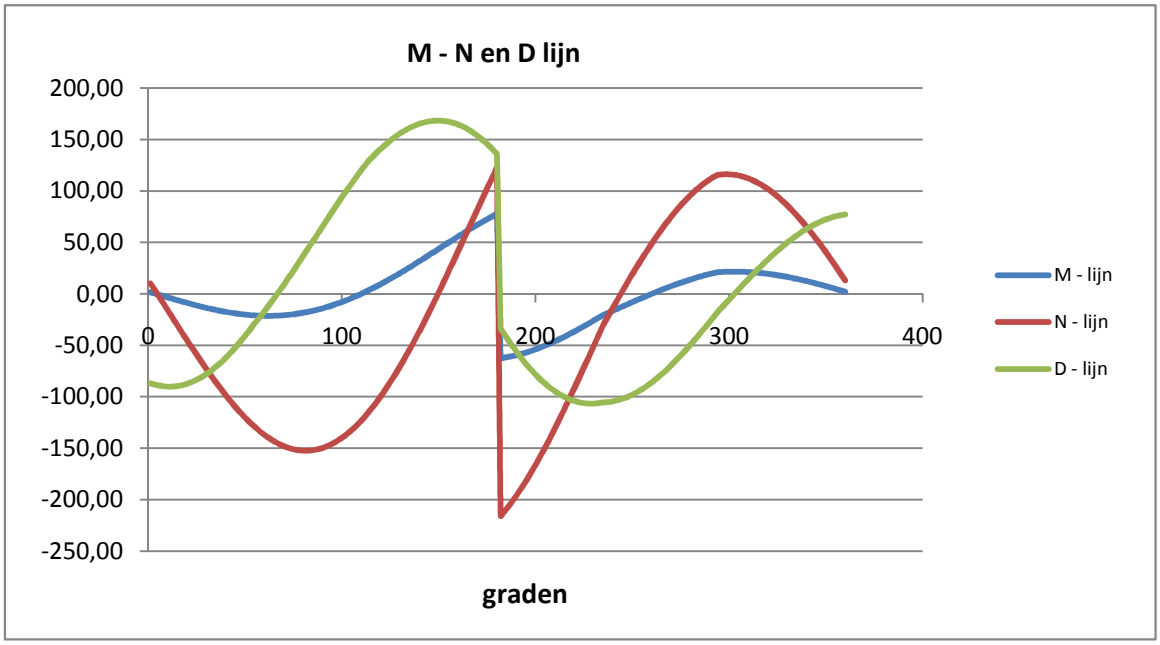
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,18	4,58	-115,88	11,04	89,68
15,0	-9,87	-60,77	-115,89	9,33	75,82
30,0	-19,20	-123,69	-94,06	5,87	47,68
45,0	-25,07	-177,17	-52,29	0,91	7,42
60,0	-25,98	-214,90	2,59	2,07	16,85
75,0	-23,91	-239,25	60,13	6,12	49,67
90,0	-17,79	-245,67	118,82	12,98	105,41
105,0	-4,81	-225,83	175,50	19,28	156,63
120,0	14,47	-180,29	220,65	20,75	168,54
135,0	35,22	-120,73	244,07	21,73	176,50
150,0	56,95	-48,96	246,91	23,08	
165,0	80,03	34,66	230,07	20,70	
180,0	100,74	116,71	196,31	172,73	Flens crossbea
195,0	-71,99	-262,32	-76,23	13,26	
210,0	-58,73	-189,84	-117,59	18,59	
225,0	-40,14	-105,44	-137,40	19,27	156,54
240,0	-20,87	-23,07	-138,30	16,53	134,22
255,0	-4,34	46,51	-126,94	15,24	123,79
270,0	10,90	104,85	-101,67	12,32	100,10
285,0	23,22	146,53	-63,40	5,67	46,04
300,0	28,89	161,66	-20,37	1,78	14,43
315,0	27,12	148,24	17,34	5,91	47,99
330,0	21,21	114,93	49,94	9,11	73,99
345,0	12,10	65,30	76,28	10,17	82,62
360,0	1,93	8,85	92,34	0,75	6,11



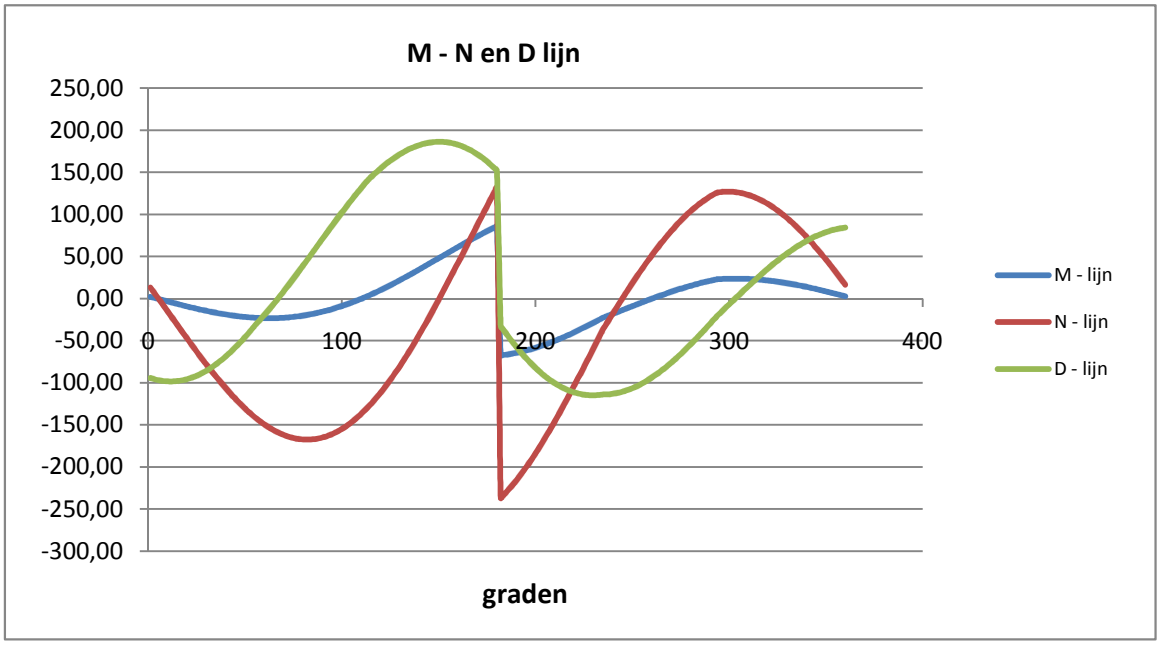
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,61	10,32	-86,68	8,27	67,20
15,0	-6,67	-33,47	-89,18	7,33	59,56
30,0	-14,00	-75,81	-76,45	5,21	42,32
45,0	-19,21	-112,15	-49,76	2,07	16,84
60,0	-21,28	-138,41	-14,09	1,80	14,60
75,0	-19,49	-151,36	25,72	6,03	48,96
90,0	-13,46	-148,94	68,70	10,19	82,75
105,0	-3,27	-130,50	110,09	13,83	112,34
120,0	10,56	-96,85	142,76	16,53	134,27
135,0	27,09	-50,30	162,27	17,93	145,60
150,0	45,02	5,55	168,28	17,76	
165,0	62,78	66,08	158,95	14,93	
180,0	77,71	122,10	135,90	134,12	Flens crossbea
195,0	-56,41	-178,81	-70,03	11,26	
210,0	-45,15	-126,92	-95,79	14,82	
225,0	-30,33	-67,22	-106,29	14,85	120,63
240,0	-15,48	-9,89	-103,95	12,36	100,39
255,0	-3,12	37,48	-91,34	11,32	91,96
270,0	8,20	77,25	-67,59	9,17	74,48
285,0	17,38	105,88	-36,14	4,25	34,52
300,0	21,63	116,20	-3,45	1,24	10,06
315,0	20,39	106,83	26,05	4,22	34,27
330,0	16,17	84,30	51,34	6,57	53,36
345,0	9,60	50,98	69,24	7,44	60,39
360,0	2,16	13,18	77,18	0,55	4,51



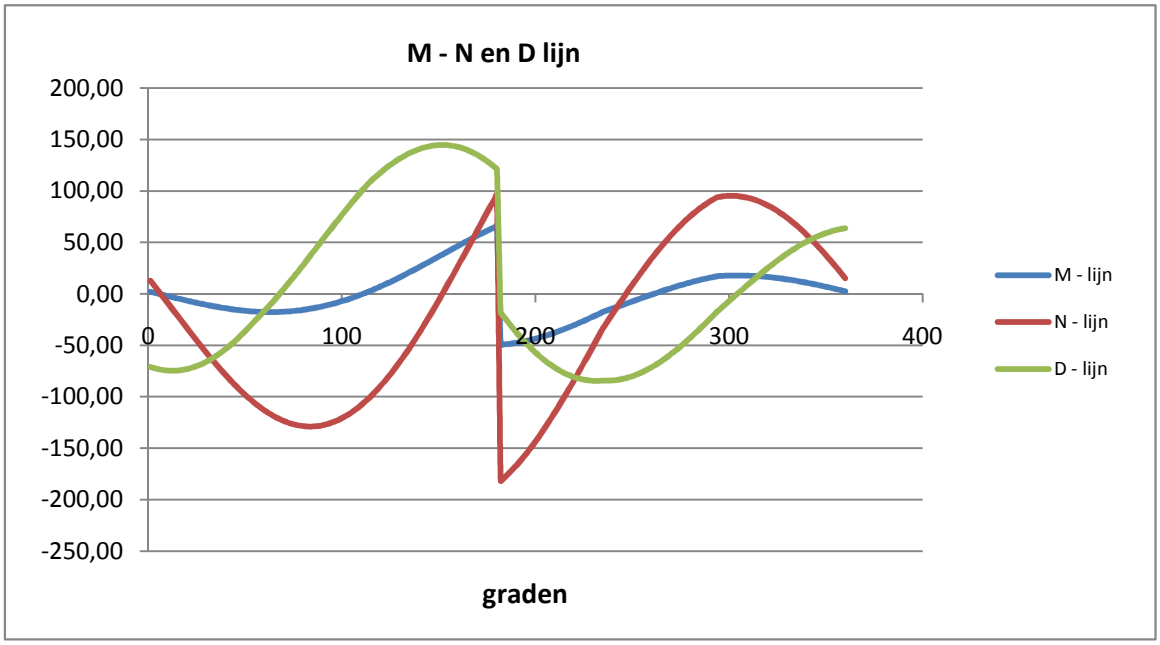
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,00	13,03	-94,51	9,07	73,63
15,0	-7,06	-34,95	-97,77	8,08	65,66
30,0	-15,15	-81,60	-84,33	5,80	47,10
45,0	-20,94	-121,93	-55,51	2,39	19,39
60,0	-23,33	-151,39	-16,65	1,85	15,00
75,0	-21,48	-166,39	27,02	6,50	52,77
90,0	-14,99	-164,58	74,38	11,09	90,11
105,0	-3,89	-145,13	120,22	15,15	123,02
120,0	11,25	-108,87	156,67	18,18	147,67
135,0	29,43	-58,21	178,82	19,80	160,79
150,0	49,23	2,94	186,23	19,70	
165,0	68,93	69,54	176,80	16,66	
180,0	85,59	131,50	152,19	146,78	Flens crossbea
195,0	-61,19	-197,80	-73,23	11,95	
210,0	-49,24	-141,76	-102,20	15,92	
225,0	-33,32	-76,82	-114,57	16,08	130,58
240,0	-17,24	-14,07	-112,88	13,48	109,52
255,0	-3,76	38,21	-99,82	12,43	100,93
270,0	8,67	82,41	-74,43	10,13	82,29
285,0	18,80	114,57	-40,42	4,77	38,75
300,0	23,57	126,73	-4,85	1,24	10,06
315,0	22,33	117,28	27,43	4,51	36,63
330,0	17,82	93,29	55,29	7,11	57,76
345,0	10,71	57,31	75,23	8,10	65,80
360,0	2,61	16,15	84,31	0,61	4,92



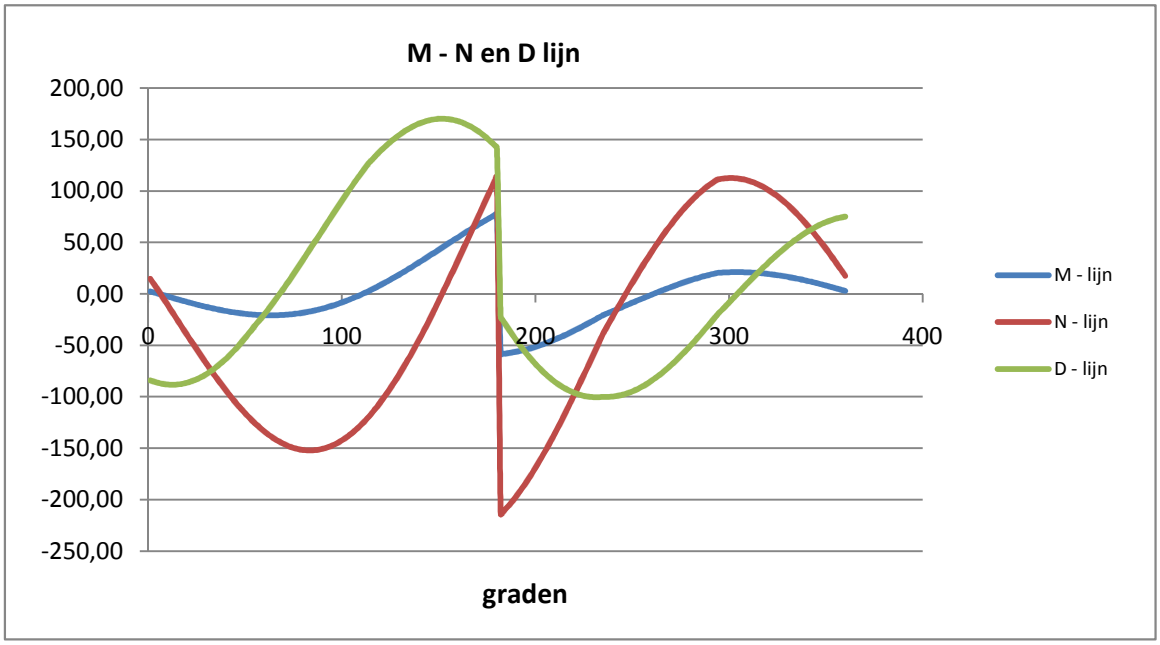
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,93	12,79	-71,16	6,89	55,96
15,0	-4,96	-23,67	-74,46	6,22	50,55
30,0	-11,19	-59,57	-65,05	4,55	36,99
45,0	-15,74	-91,07	-43,79	2,01	16,30
60,0	-17,75	-114,62	-14,59	1,20	9,74
75,0	-16,55	-127,37	18,67	4,76	38,66
90,0	-11,79	-127,38	55,09	8,32	67,56
105,0	-3,47	-113,87	90,72	11,50	93,38
120,0	8,03	-87,30	119,50	13,93	113,15
135,0	21,96	-49,39	137,62	15,30	124,30
150,0	37,26	-2,99	144,62	15,38	
165,0	52,64	48,11	138,77	13,16	
180,0	65,80	96,15	121,11	111,31	Flens crossbea
195,0	-45,52	-153,55	-49,89	8,46	
210,0	-37,06	-112,21	-73,10	11,61	
225,0	-25,45	-63,57	-83,92	11,91	96,71
240,0	-13,55	-15,94	-84,07	10,14	82,35
255,0	-3,41	24,38	-75,42	9,47	76,88
270,0	6,06	58,98	-57,19	7,82	63,55
285,0	13,88	84,71	-32,11	3,81	30,94
300,0	17,69	95,36	-5,49	0,74	6,00
315,0	16,95	89,52	18,96	3,24	26,28
330,0	13,72	72,47	40,40	5,26	42,69
345,0	8,46	45,98	56,08	6,08	49,37
360,0	2,38	15,14	63,64	0,46	3,72



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 45 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,22	14,71	-83,93	8,13	66,05
15,0	-5,91	-28,31	-87,78	7,34	59,58
30,0	-13,24	-70,62	-76,62	5,36	43,51
45,0	-18,60	-107,67	-51,51	2,34	19,04
60,0	-20,95	-135,32	-17,05	1,44	11,69
75,0	-19,51	-150,20	22,20	5,64	45,79
90,0	-13,87	-150,04	65,15	9,83	79,84
105,0	-4,04	-133,93	107,11	13,57	110,21
120,0	9,53	-102,45	140,96	16,43	133,41
135,0	25,96	-57,65	162,18	18,03	146,42
150,0	43,98	-2,89	170,28	18,10	
165,0	62,08	57,34	163,21	15,46	
180,0	77,55	113,91	142,25	131,33	Flens crossbea
195,0	-53,79	-180,70	-59,52	10,02	
210,0	-43,76	-131,85	-86,81	13,72	
225,0	-30,04	-74,46	-99,45	14,07	114,31
240,0	-15,97	-18,29	-99,46	11,99	97,40
255,0	-3,98	29,24	-89,08	11,18	90,84
270,0	7,21	69,98	-67,41	9,24	75,02
285,0	16,44	100,23	-37,69	4,48	36,39
300,0	20,92	112,64	-6,22	0,90	7,32
315,0	20,02	105,58	22,65	3,85	31,24
330,0	16,18	85,30	47,91	6,22	50,56
345,0	9,95	53,93	66,34	7,19	58,36
360,0	2,77	17,49	75,18	0,54	4,39



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	336,7	kN		N_{Rd} =	3152	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	108,22	kNm		M_{Rd} =	135	kNm
$V_{Ed;max}$ =	265,7	kN		V_{Rd} =	956	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 336,70 / 3152 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 25,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 108,22 / 135,2 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 189,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 265,65 / 956 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 38,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 131,05

V_{Ed} = 206,18

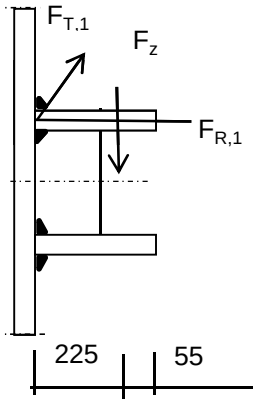
$\sigma_b + \sigma_N$ = 189,4 + 9,8 = 199,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 29,5 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	59,21	kN
$F_{T,1,h}$ =	35,60	kN
F_z =	15,49	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	188,54	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 225 = 450 mm

L_{las} = 264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 15,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 13,50 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 71,52 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 65,99 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,9 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 220,2 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

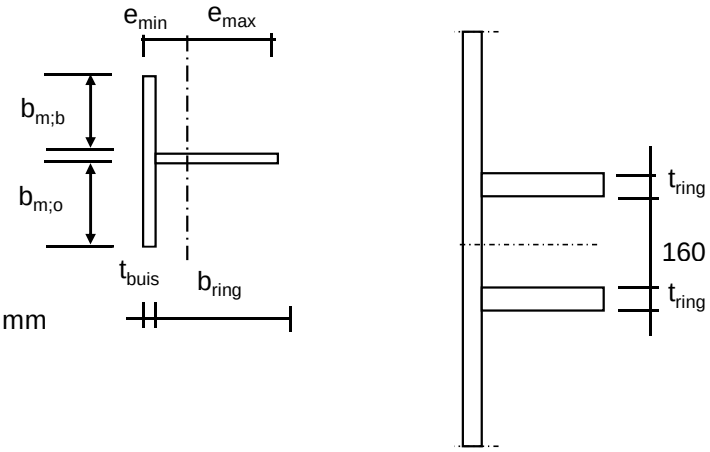
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 220,2 / 302,2 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 81,9 / 244,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 45,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	13914	mm^2
e_{min} =	76,9	mm
e_{max} =	205,1	mm
I =	105771239	mm^4
W_{min} =	515633	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y;Rd}$ =	122	kNm
$M_{w;Rd}$ =	9799	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 54,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1127 mm
R = 564 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden
Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend
hoek φ = boogsin(300 / (564+205)) = 23,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	62,2	56,2	64,8	58,8	100,3	187,1
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,9	58,5	62,8	59,5	172,2	191,3
BG 1a - (wind (45 gr))	41,0	38,6	50,0	46,3	100,5	126,4
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,6	54,3	58,0	56,0	172,9	175,5
Bundelbreuk-(90 gr)	45,0	41,9	0,0	0,0	100,2	137,8
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	48,7	46,0	0,0	0,0	117,2	150,4
Bundelbr.-(45 gr)	36,2	35,0	0,0	0,0	101,1	113,4
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,5	41,4	0,0	0,0	118,1	133,9

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20
Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

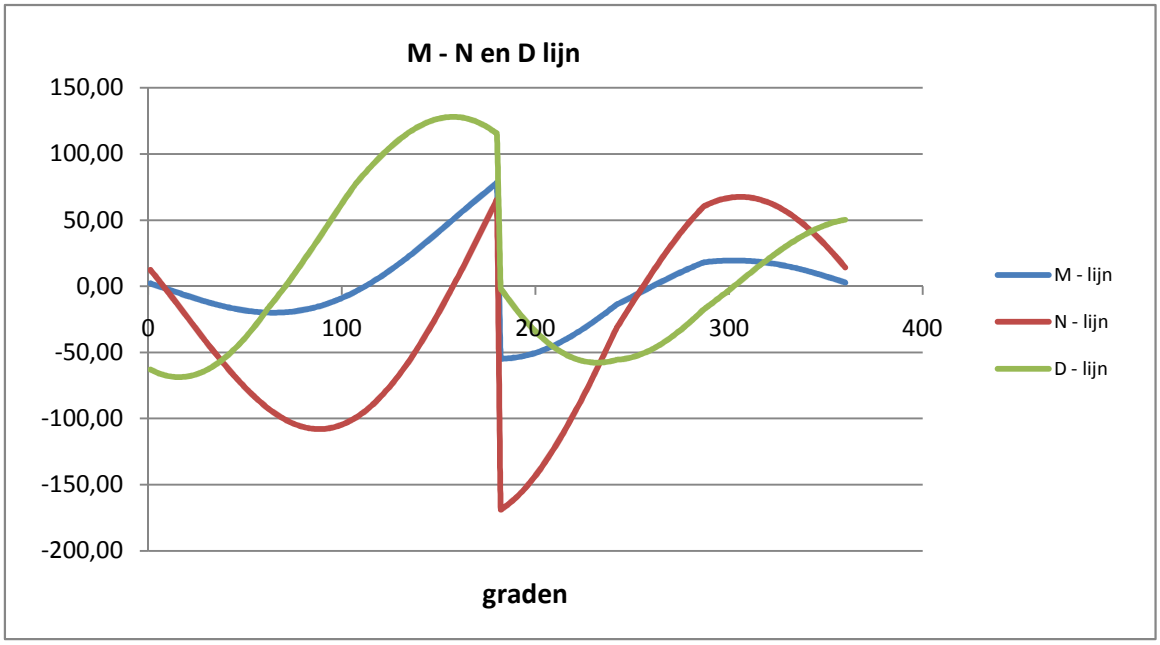
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,00	-4,11	-99,41	11,57	92,46
15,0	-12,57	-54,93	-100,34	9,46	75,55
30,0	-22,03	-104,27	-81,76	5,45	43,55
45,0	-27,48	-146,57	-45,25	0,17	1,37
60,0	-27,31	-176,72	5,54	6,36	50,81
75,0	-20,95	-191,65	57,68	5,59	44,64
90,0	-15,36	-201,92	106,02	13,32	106,41
105,0	-2,04	-191,07	152,85	20,01	159,89
120,0	17,97	-160,07	185,70	17,57	140,33
135,0	35,54	-124,84	200,20	22,33	178,42
150,0	57,87	-72,83	201,89	25,11	
165,0	82,98	-8,45	189,50	23,76	
180,0	106,74	57,77	164,94	185,27	Flens crossbea
195,0	-78,53	-238,78	-47,86	13,56	
210,0	-64,97	-182,16	-80,43	20,56	
225,0	-44,41	-113,06	-95,16	24,91	198,99
240,0	-19,51	-38,41	-92,21	17,96	143,49
255,0	-1,54	19,67	-81,24	16,62	132,75
270,0	15,07	69,34	-64,62	13,98	111,66
285,0	29,05	106,92	-37,87	1,92	15,34
300,0	30,97	114,84	-12,11	3,04	24,27
315,0	27,93	105,38	8,79	7,06	56,39
330,0	20,87	80,48	29,92	10,13	80,90
345,0	10,75	42,68	48,69	10,95	87,45
360,0	-0,20	-0,81	61,92	0,80	6,38

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	275,0	kN	N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	106,74	kNm	M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	202,9	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 275,01 / 3293 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 19,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 106,74 / 122,0 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 207,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 202,85 / 888 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 31,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 57,77

V_{Ed} = 164,94

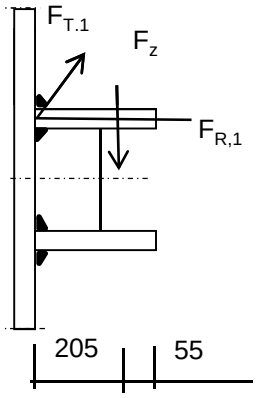
$\sigma_b + \sigma_N$ = 207,0 + 4,2 = 211,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 25,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 216 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	61,87	kN
$F_{T,1,h}$ =	29,50	kN
F_z =	15,49	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	198,99	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} =264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,6 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 11,19 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 75,49 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 60,12 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 76,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 214,7 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

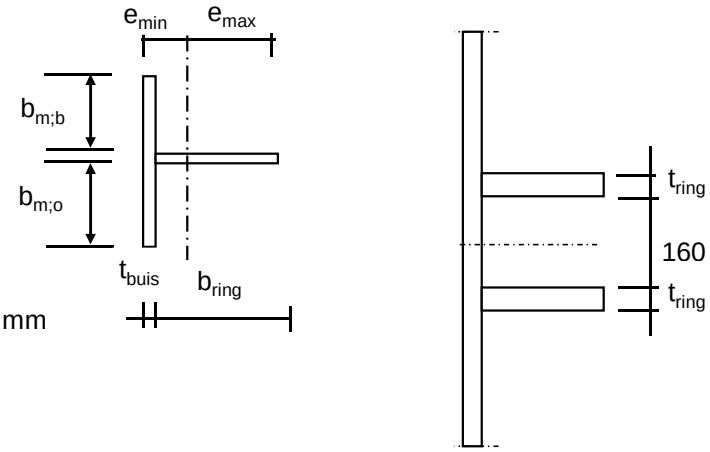
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 214,7 / 302,2 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 76,7 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	28	mm
$t_{buis;reken}$ =	28	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	295,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	17707	mm^2
e_{min} =	66,9	mm
e_{max} =	221,1	mm
I =	122655070	mm^4
W_{min} =	554651	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y;Rd}$ =	131	kNm
$M_{w;Rd}$ =	20122	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 54,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1432 mm

R = 716 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden

Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (716+205)) = 19,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	63,3	58,3	65,9	61,0	97,9	182,3
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,2	60,4	64,2	61,4	167,9	186,4
BG 1a - (wind (45 gr))	41,8	39,9	51,0	47,9	98,1	123,2
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,0	55,9	59,4	57,7	168,6	171,0
Bundelbreuk-(90 gr)	45,9	43,3	0,0	0,0	97,8	134,3
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	49,7	47,5	0,0	0,0	114,3	146,6
Bundelbr.-(45 gr)	37,0	36,0	0,0	0,0	98,6	110,5
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,5	42,6	0,0	0,0	115,2	130,4

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

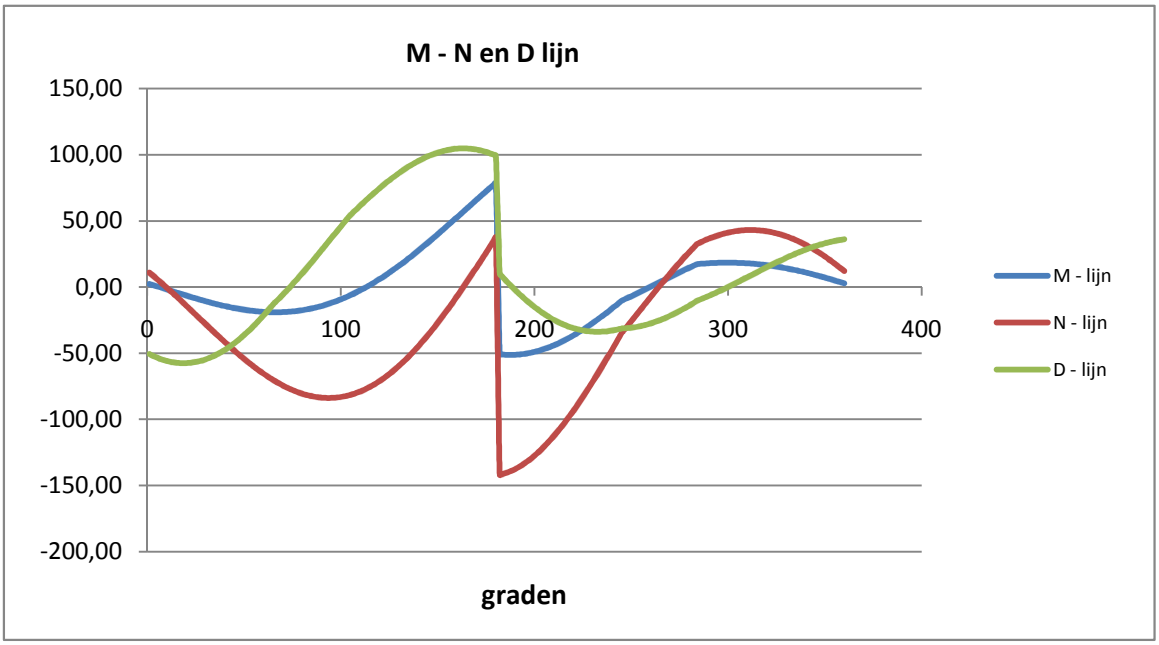
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-2,55	-7,45	-82,81	11,18	77,02
15,0	-13,73	-46,80	-84,77	8,89	72,17
30,0	-22,61	-85,59	-69,74	4,71	38,22
45,0	-27,32	-119,39	-38,93	1,11	9,05
60,0	-26,20	-144,04	4,64	8,13	66,04
75,0	-18,07	-156,10	50,63	5,84	47,40
90,0	-12,24	-166,97	91,33	12,42	100,91
105,0	0,19	-162,95	129,20	17,14	139,22
120,0	17,33	-145,74	153,58	15,45	125,49
135,0	32,78	-123,84	164,53	21,46	174,33
150,0	54,24	-86,50	166,41	25,66	
165,0	79,90	-36,77	158,26	25,60	
180,0	105,50	17,02	141,25	182,96	Flens crossbea
195,0	-77,46	-213,35	-23,88	12,02	
210,0	-65,44	-170,18	-50,29	20,32	
225,0	-45,11	-114,57	-62,23	25,92	210,50
240,0	-19,20	-52,15	-59,84	19,84	161,12
255,0	0,64	-1,03	-50,63	16,75	136,04
270,0	17,39	41,39	-39,81	13,24	107,57
285,0	30,64	73,22	-22,89	0,03	0,23
300,0	30,61	79,91	-9,08	3,90	31,66
315,0	26,71	74,15	2,37	7,49	60,81
330,0	19,22	56,33	15,82	10,21	82,91
345,0	9,01	28,18	29,48	10,78	87,56
360,0	-1,77	-4,91	40,79	0,78	6,33

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 122655070 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	238,2	kN		N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	105,50	kNm		M_{Rd} =	131	kNm
$V_{Ed;max}$ =	166,9	kN		V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 238,24 / 4191 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 13,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 105,50 / 131,3 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 190,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 166,86 / 888 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 25,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 17,02

V_{Ed} = 141,25

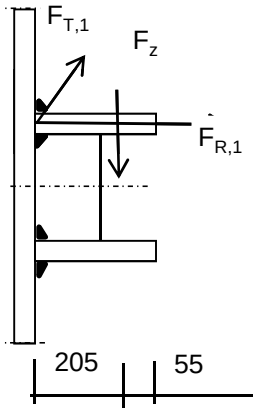
$\sigma_b + \sigma_N$ = 190,2 + 1,0 = 191,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 21,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 195 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	63,21	kN	
$F_{T,1,h}$ =	25,38	kN	
F_z =	15,49	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	146,42	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} = 264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 17,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 9,63 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 55,54 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 60,12 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 77,1 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 191,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

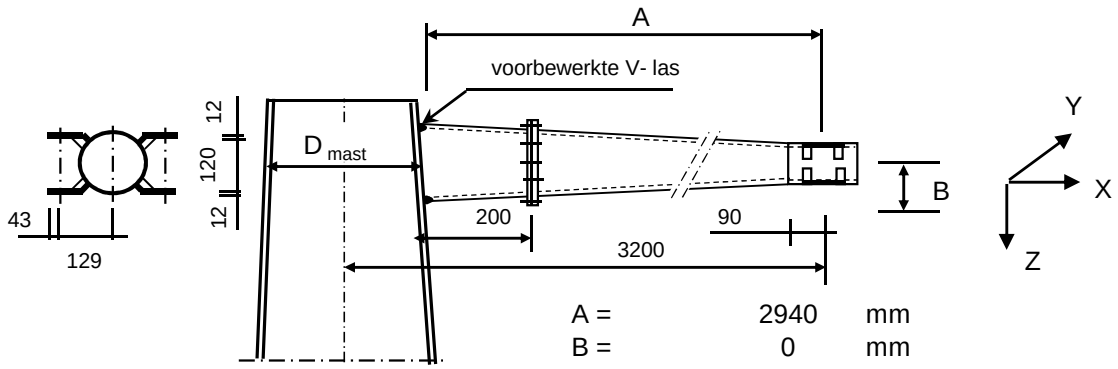
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 191,1 / 302,2 = 0,63 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 77,1 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	2940	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	520	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	62,43	m

Buisgegevens

Buis Ø330 * 10 - S355 (aansluiting mast) ; buis 168,3*8 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10053	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2379	kN
$W_y = W_z$ =	7,81E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	184,8	kNm
W_x =	1,56E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	184,8	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	213,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	686,8	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	10132	40451	2234	10130	-41937	1840
BG 3 - (wind (90) + ijs)	12979	64084	9579	12921	-65131	6899
BG 1a - (wind (45 gr))	4989	24775	2324	6906	-31480	1739
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8902	58561	9694	10339	-60784	6698
BG 1a - bundelbr. (90gr)	6054	-27943	2295	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	9314	-41944	3906	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr)	3505	-20875	2375	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	5510	-32739	4031	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr	4421	-23176	2342	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	6881	-35697	3981	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	20,26	1,49	4,07	0,00	11,98	4,37
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25,90	1,05	16,48	0,00	48,44	3,08
BG 1a - (wind (45 gr))	11,90	6,70	4,06	0,00	11,94	19,71
BG 3 - (wind (45) + ijs)	19,24	2,22	16,39	0,00	48,19	6,54
BG 1a - bundelbr. (90gr)	6,05	27,94	2,29	0,00	6,75	82,15
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	**9,31**	**41,94**	**3,91**	**0,00**	**11,48**	**123,31**
BG 1a - bundelbr. (45gr)	3,51	20,88	2,38	0,00	6,98	61,37
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	5,51	32,74	4,03	0,00	11,85	96,25
BG 1a - bundelbr. (-45gr	4,42	23,18	2,34	0,00	6,89	68,13
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	6,88	35,70	3,98	0,00	11,70	104,94

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 11,48 / 185 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 14,7 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 123,31 / 185 = 0,67 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 158,0 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,31 / 2379 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,91 / 687 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,8 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 41,94 / 687 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 8,3 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 160 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 160 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 330*10 aan mast :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	520	18,0	28412	S355	355	3449713
1	330,0	10,0	10053	S355	355	780638

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,63

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,41 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,009

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 294,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 48,44 / 267,8 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 139,9 kNm

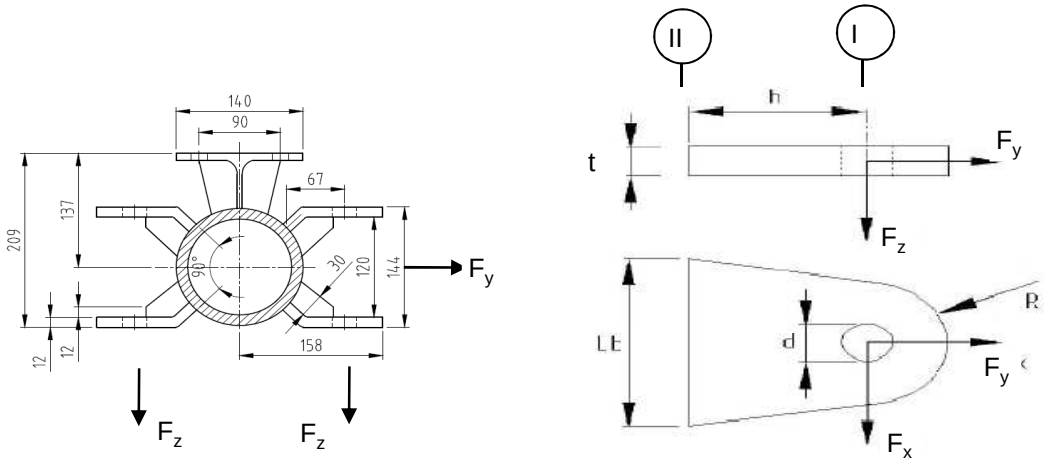
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 123,31 / 139,9 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	10,13	40,45	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**12,98**	**64,08**	**9,58**
BG 1a - (wind (45 gr))	4,99	24,78	2,32
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,90	58,56	9,69

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

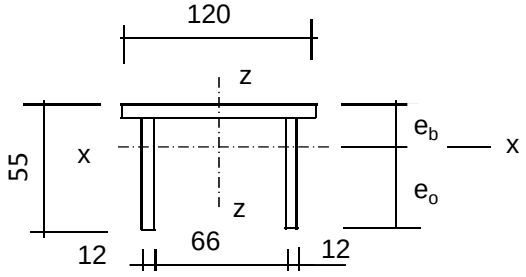
Per clip :	**6,49**	**32,04**	**9,58**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 32,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	47	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	32,04	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,42	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,58	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,62	kNm
$V_{x,Ed}$ =	6,49	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	32,04	/	585	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		13,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,42	/	10,5	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		9,5	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,62	/	4,0	=	0,16	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		37,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,58	/	141	/	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,3	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	6,49	/	197	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		4,5	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 59,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 62 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =				50,5	N/mm^2	
τ_1 =				50,5	N/mm^2	
τ_2 =	0			11,1	N/mm^2	
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=		102,7	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	102,7	/	302,2	= 0,34	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	50,5	/	244,8	= 0,21	< 1,0	-- Voldoet

9.3.3 - Berekening deling van de steunarm

Deling op 0,2 meter afstand van de mast

Afstand tot geleidert = 2940 - 200 = 2740 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
9,31	41,94	3,91	0,00	10,70	114,92

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 115,4 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 42,1 kN

Verbinding met 12 bouten M24 - 10,9 $F_{t,Rd} =$ 254,2 kN

$F_{v,Rd} =$ 169,4 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 3,5 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 99,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 99,42 / 254 = 0,39 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 3,51 / 169 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,30 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 102,1 mm

m = 30,0 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 2416408 Nmm

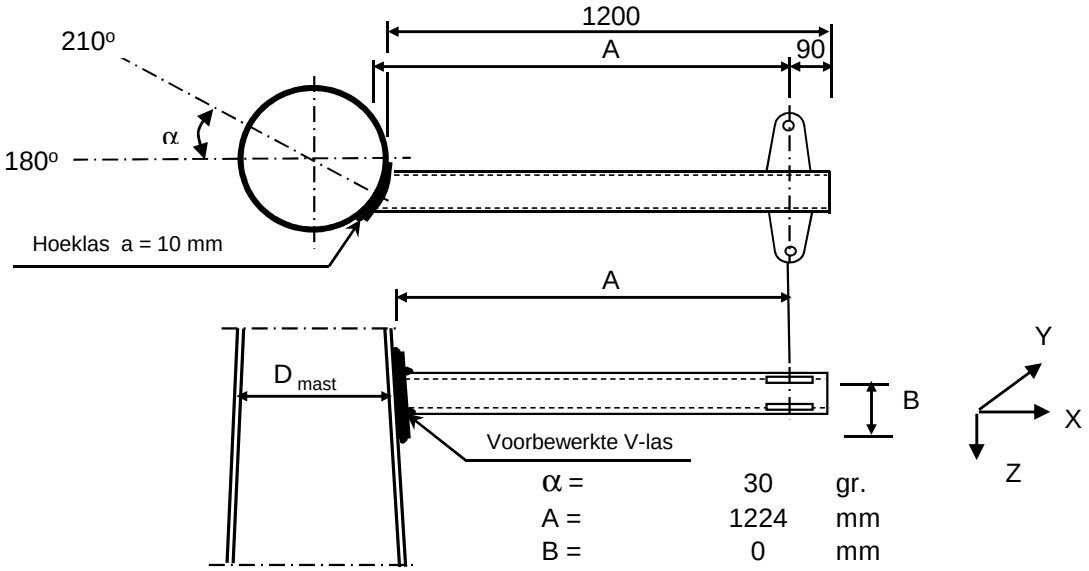
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	161,0	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	167,3	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	254,2	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 161,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,62 < 1,0 -- Voldoet

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1224	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1701	mm
t_{mast} =	30	mm
Hoogte :	29,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	15699	67388	4697	17025	-73854	3547
BG 3 - (wind (90) + ijs)	22237	122931	19470	23202	-126118	12544
BG 1a - (wind (45 gr))	8375	45886	4885	11851	-57141	3223
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16563	116987	19608	19191	-120323	12135
BG 1a - bundelbr. (90gr).	9851	-49867	4834	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	15160	-75361	8099	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	6356	-41414	4958	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	9921	-64417	8285	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	7599	-43986	4913	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	11794	-67714	8219	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	32,72	6,47	8,24	0,00	10,09	7,91
BG 3 - (wind (90) + ijs)	45,44	3,19	32,01	0,00	39,18	3,90
BG 1a - (wind (45 gr))	20,23	11,26	8,11	0,00	9,92	13,78
BG 3 - (wind (45) + ijs)	35,75	3,34	31,74	0,00	38,85	4,08
BG 1a - bundelbr. (90gr).	9,85	49,87	4,83	0,00	5,92	61,03
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	**15,16**	**75,36**	**8,10**	**0,00**	**9,91**	**92,24**
BG 1a - bundelbr. (45gr).	6,36	41,41	4,96	0,00	6,07	50,69
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	9,92	64,42	8,29	0,00	10,14	78,84
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	7,60	43,99	4,91	0,00	6,01	53,84
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	11,79	67,71	8,22	0,00	10,06	82,88

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,91 / 101 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 23,1 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 92,24 / 101 = 0,91 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 215,2 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 15,16 / 1576 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 2,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 8,10 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,4 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 75,36 / 455 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 22,6 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 219 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 222 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

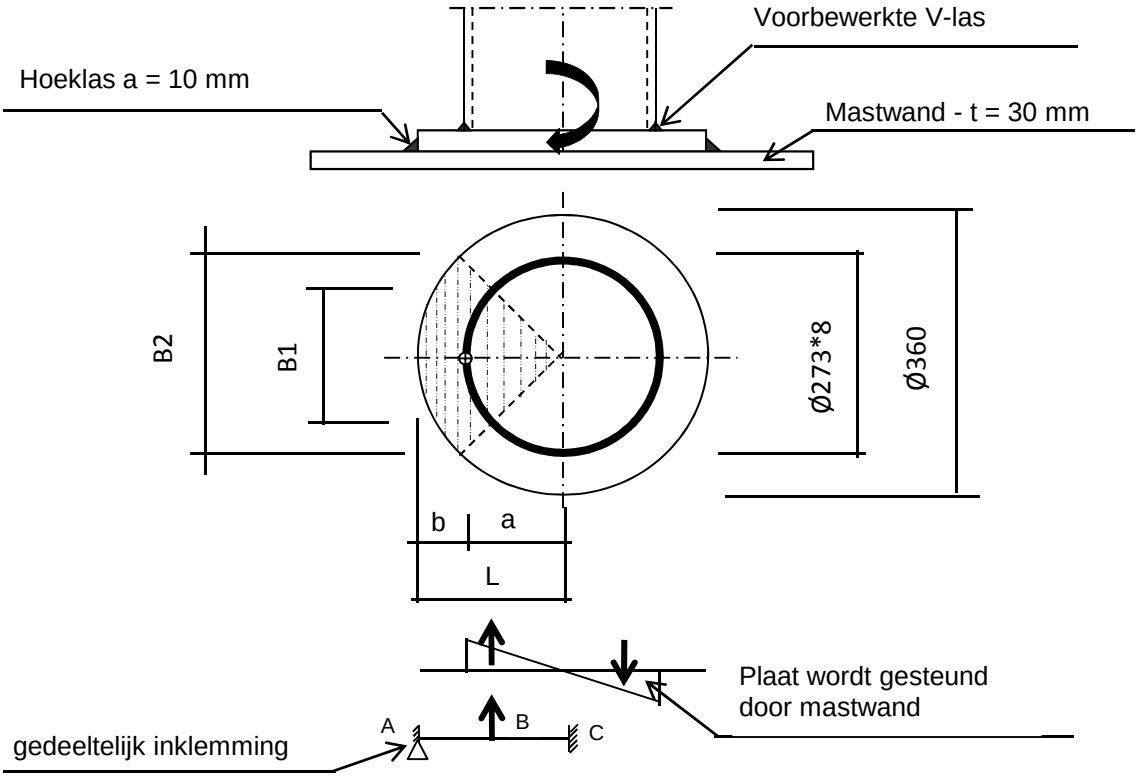
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 92,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 307,5 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 8,62 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 198,2 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 7,69 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,72 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 262,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 7,7 * 40,0% = 3,08 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,6 * 60,0% + 3,7 * 40,0% = 6,66 kNm

$R_{A;Ed}$ = 198,2 * 60,0% + 262,3 * 40,0% = 223,9 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 3,08 / 10,46 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 69,7 N/mm²

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 6,66 / 7,93 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 198,8 N/mm²

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 223,9 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 31,7 N/mm²

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 41,8 N/mm²

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 211,6 N/mm²

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm² en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm² $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm²

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 123,1 N/mm²

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 56,0 N/mm²

$\sigma_{1,max}$ =	123,1	+	56,0	=		179,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	123,1	-	56,0	=		67,1	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		213,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	213,6	/	302,2	=		0,71	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	179,1	/	244,8	=		0,73	< 1,0 -- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1700,7	30,0	157458	S355	355	64626360
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 28,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 511,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 13964,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,62 of n_p = -0,600

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,70

$M_{ip,1,Rd}$ = 293,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 531,3 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 39,18 / 293,4 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 175,0 kNm

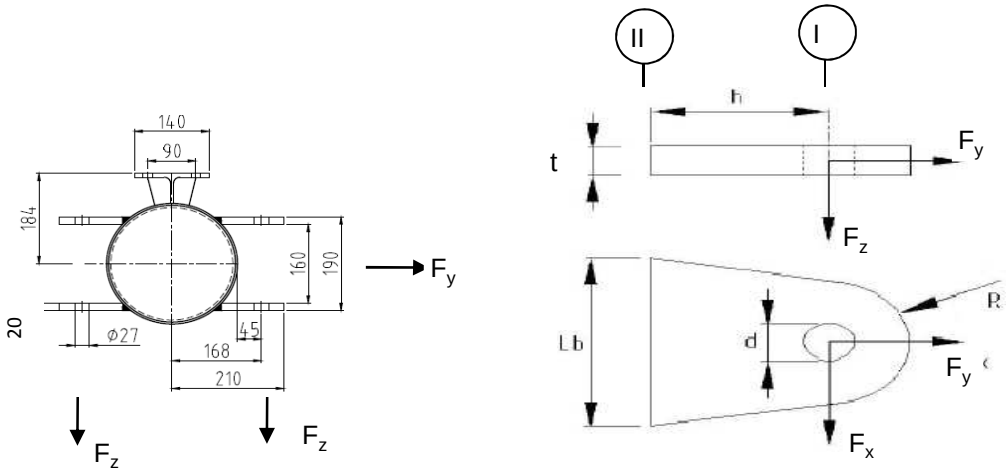
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 531,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 92,24 / 175,0 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

9.4,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	15,70	67,39	4,70
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**22,24**	**122,93**	**19,47**
BG 1a - (wind (45 gr))	8,38	45,89	4,88
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16,56	116,99	19,61

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**11,12**	**61,47**	**19,47**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 62,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 55 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

N_{Ed} =	61,47	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,83	kNm
$V_{z,Ed}$ =	19,47	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,46	kNm
$V_{x,Ed}$ =	11,12	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	61,47	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		22,0	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,83	/	15,5	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		12,8	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,46	/	2,2	=	0,66	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		156,5	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	19,47	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	11,12	/	383	/	0,03	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		4,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 191,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 192 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

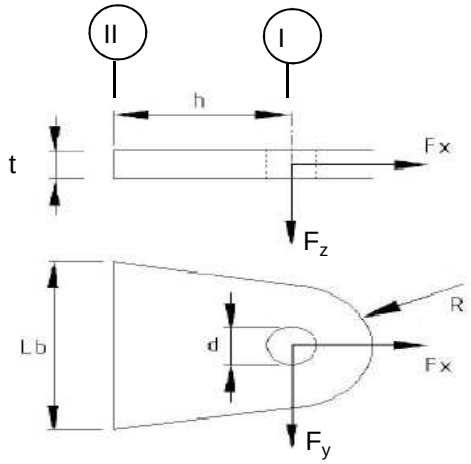
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2740	32,0	272246	S355	355	182188734
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1199,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 40583,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,615

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,69

$N_{1,Rd} =$ 838,6 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 838,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 92,2 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 92,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

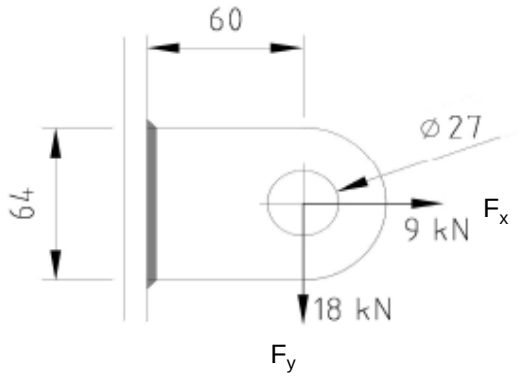
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
62,43 - 50,93 - 53,8 - 51,3 - 45,3 - 42,8 - 36,8 -34,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,00	/	303	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,08	/	3	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		79,1	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	18,00	/	175	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		14,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 248,4 / 302,2 = 0,82 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 121,8 / 244,8 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1529	28,0	132004	S355	355	48632435
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 412,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 10113,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,59 of $n_p =$ -0,577

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,72

$N_{1,Rd} =$ 670,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 670,8 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 42,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 42,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 60,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	574	16,0	28058	S355	355	3809424
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 24,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 104,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,08 of $n_p =$ -0,075

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,97

$N_{1,Rd} =$ 303,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 303,4 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 19,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 19,4 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

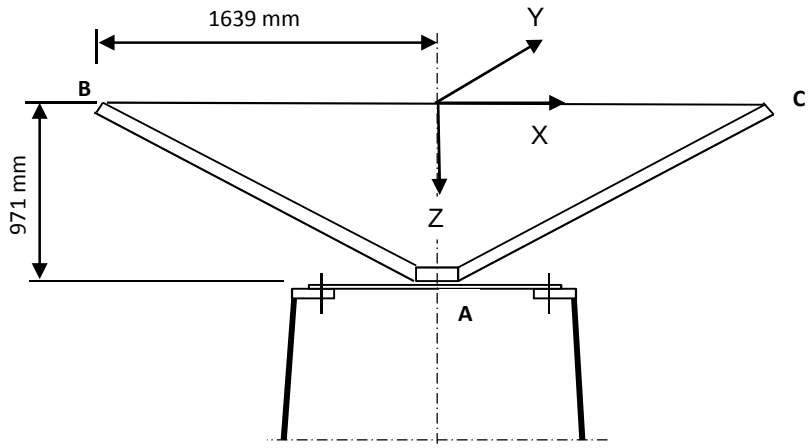
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



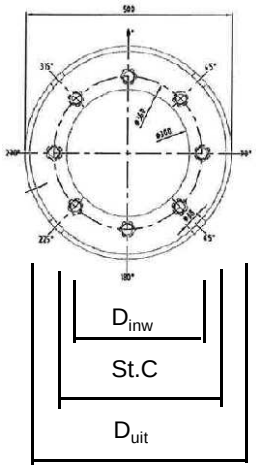
Buis rond 500 * 16

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

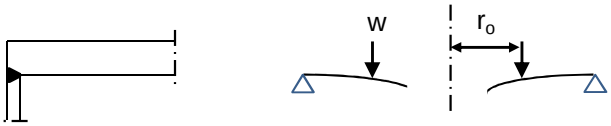
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

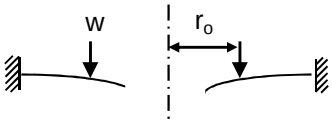
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 53,3%

Percentage vrij oplegging = 46,7%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 820 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 18720 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 19540 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 19540 / 35500 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 130,3 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 134 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 16 - S355 ;

A = 24328 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8637 kN

$W_y = W_z$ = 2,85E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1012,7 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8637 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,4 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1013 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,2 N/mm^2

σ_{max} = 26,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

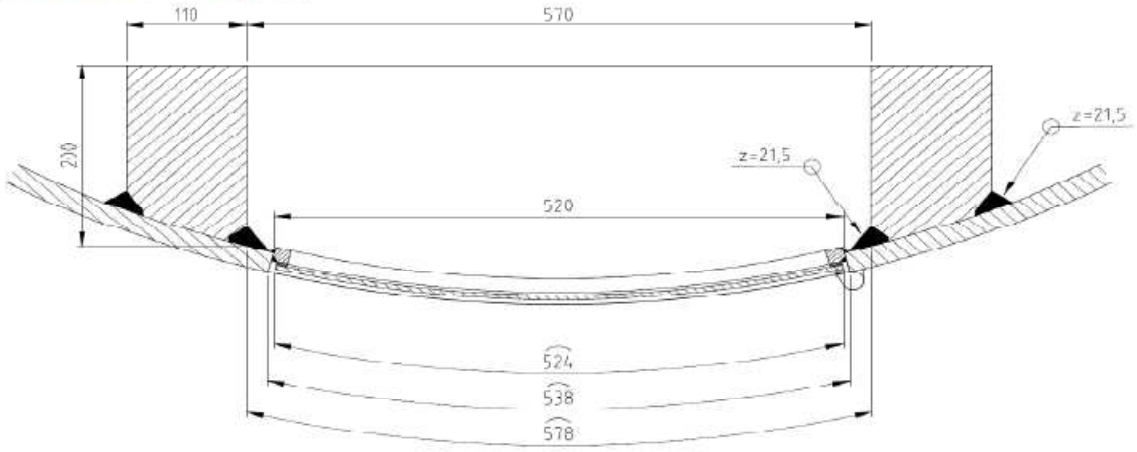
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

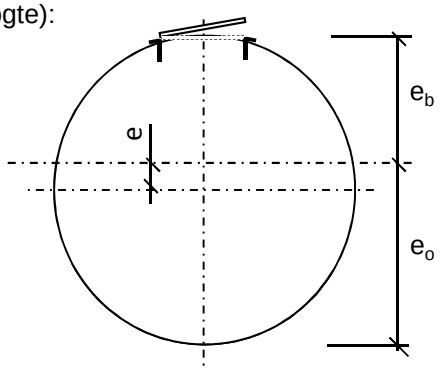
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2714	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	269634	mm^2
$A_{versterking}$ =	40784	mm^2
$A_{verlies}$ =	16546	mm^2
A_{tot} =	293872	mm^2

e =	89,7	mm			
e_b =	1267,4	mm ;	e_o =	1446,7	mm

I_{tot} =	2,68E+11	mm^4
W_{min} =	1,85E+08	mm^3
W_{max} =	2,12E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	40903	kNm ;	N_{Ed} =	1200 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,1	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	220,6	N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 220,6 = 224,6 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AL, AL1 en AL2

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4995	4622	39634	2472	4634	-39673
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2408	2252	19132	1416	2252	-19150
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18431	17024	145797	9349	17036	-145944
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18431	16997	145796	9963	17014	-145943
	380C1F3 / 380C2F3	18432	16965	145795	10576	16987	-145941
	150C1F1 / 150C2F1	4608	4256	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4608	4249	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4608	4241	36449	0	0	0
1b	Comp. gl	5072	5240	45788	2218	5228	-45669
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2449	2566	22385	1319	2558	-22318
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18776	19821	173170	8257	19759	-172638
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18776	19815	173170	8983	19755	-172638
	380C1F3 / 380C2F3	18776	19809	173171	9709	19749	-172638
	150C1F1 / 150C2F1	4694	4955	43292	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4694	4954	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4694	4952	43293	0	0	0
3	Comp. gl	19637	13339	116079	11823	13422	-116740
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9721	6639	57599	6529	6674	-57926
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31529	26759	232761	16847	26818	-233306
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31529	26744	232762	17828	26806	-233307
	380C1F3 / 380C2F3	31529	26726	232763	18810	26791	-233308
	150C1F1 / 150C2F1	7882	6690	58190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7882	6686	58190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7882	6681	58191	0	0	0
4	Comp. gl	5006	4641	40529	3479	5885	-51428
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2414	2248	19597	1987	2874	-25091
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18481	17145	149695	11318	19613	-171356
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18481	17139	149695	12039	19608	-171356
	380C1F3 / 380C2F3	18481	17133	149696	12760	19603	-171356
	150C1F1 / 150C2F1	4620	4286	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4620	4285	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4620	4283	37424	0	0	0
6	Comp. gl	5605	4953	43449	2827	4960	-43513
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2703	2392	20985	1609	2396	-21016
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	20680	18180	159484	10698	18208	-159734
	380C1F2 / 380C2F2	20680	18180	159484	11369	18208	-159734
	380C1F3 / 380C2F3	20680	18180	159484	12041	18208	-159734
	150C1F1 / 150C2F1	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl	4885	8375	45886	3223	11851	-57141
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2324	4989	24775	1739	6906	-31480
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18032	30502	167490	12183	40900	-200512
	380C1F3 / 380C2F3	18082	29156	164217	12398	38979	-194635

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	4498	7910	42587	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4508	7625	41872	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4521	7289	41054	0	0	0
1b	Comp. gl	5065	5875	46029	2295	6377	-46589
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2442	3014	22644	1363	3293	-23076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18744	22291	174125	8532	23844	-175697
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18748	22113	173987	9204	23594	-175353
	380C1F3 / 380C2F3	18752	21901	173836	9879	23301	-174971
	150C1F1 / 150C2F1	4686	5573	43531	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4687	5528	43497	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4688	5475	43459	0	0	0
3	Comp. gl	19608	16563	116987	12135	19191	-120323
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9694	8902	58561	6698	10339	-60784
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31436	33281	236041	18542	37845	-243586
	380C1F3 / 380C2F3	31451	32671	235461	19365	36988	-242198
	150C1F1 / 150C2F1	7856	8448	59141	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7859	8320	59010	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7863	8168	58865	0	0	0
4	Comp. gl	5000	5275	40763	3525	6994	-51991
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2408	2695	19847	2013	3577	-25558
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18455	19614	150629	11501	23613	-173647
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18458	19436	150494	12185	23372	-173383
	380C1F3 / 380C2F3	18462	19225	150346	12872	23088	-173090
	150C1F1 / 150C2F1	4614	4903	37657	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4615	4859	37624	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4615	4806	37586	0	0	0
1a	Comp. gl	4697	15699	67388	3547	17025	-73854
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2234	10132	40451	1840	10130	-41937
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17340	56751	242669	13243	58139	-254819
	380C1F3 / 380C2F3	17406	52982	231392	13346	54978	-244789
	150C1F1 / 150C2F1	4323	14973	63018	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4335	14188	60667	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4352	13246	57848	0	0	0
1b	Comp. gl	5028	7022	47556	2404	7201	-48089
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2409	3853	24128	1420	3833	-24253
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18588	26754	180122	8920	26752	-180727
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18609	26239	179224	9520	26313	-179862
	380C1F3 / 380C2F3	18635	25629	178220	10126	25800	-178894
	150C1F1 / 150C2F1	4647	6689	45031	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4652	6560	44806	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4659	6407	44555	0	0	0
3	Comp. gl	19470	22237	122931	12544	23202	-126118
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9579	12979	64084	6899	12921	-65131

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31034	45288	254801	19422	45798	-259257
	380C1F3 / 380C2F3	31101	43509	251349	20070	44299	-255989
	150C1F1 / 150C2F1	7745	11697	64461	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7759	11322	63700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7775	10877	62837	0	0	0
4	Comp. gl	4969	6418	42250	3594	7759	-52976
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2381	3530	21290	2050	4071	-26338
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18328	24067	156522	11768	26396	-177571
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18346	23554	155639	12402	25978	-176889
	380C1F3 / 380C2F3	18366	22945	154652	13041	25488	-176130
	150C1F1 / 150C2F1	4582	6017	39130	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4587	5888	38910	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4592	5736	38663	0	0	0
1a	Comp. gl	4797	11050	53321	2915	8838	-47917
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2277	6906	30552	1627	4983	-25310
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17658	42000	198929	10879	31904	-173913
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17712	40090	193429	11230	30930	-171232
	380C1F3 / 380C2F3	17781	37816	186983	11587	29790	-168170
	150C1F1 / 150C2F1	4414	10500	49732	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4428	10023	48357	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4445	9454	46746	0	0	0
1b	Comp. gl	5054	6288	46446	2250	5920	-46016
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2432	3313	23062	1338	2997	-22612
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18698	23896	175766	8370	22224	-173783
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18708	23600	175413	9074	22075	-173648
	380C1F3 / 380C2F3	18719	23248	175022	9778	21900	-173498
	150C1F1 / 150C2F1	4675	5974	43941	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4677	5900	43853	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4680	5812	43755	0	0	0
3	Comp. gl	19566	18624	118620	11954	16922	-118071
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9657	10375	60139	6602	8885	-59025
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31282	38453	242646	17226	33855	-237802
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31311	37590	241358	18133	33424	-237291
0	380C1F3 / 380C2F3	31344	36567	239920	19044	32918	-236724
	150C1F1 / 150C2F1	7821	9613	60662	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7828	9397	60340	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7836	9142	59980	0	0	0
4	Comp. gl	4991	5687	41168	3498	6560	-51628
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2400	2993	20253	1998	3299	-25264
Permanent loads γg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18418	21217	152240	11393	22043	-172186
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18426	20921	151893	12099	21898	-172084
	380C1F3 / 380C2F3	18434	20569	151509	12805	21727	-171972
	150C1F1 / 150C2F1	4605	5304	38060	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4606	5230	37973	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F3 / 150C2F3	4609	5142	37877	0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3702	31566	1778	3708	-31552
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1806	15212	1037	1803	-15205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13716	116774	6718	13704	-116713
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13688	116771	7208	13681	-116710
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13656	116768	7698	13655	-116706
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3429	29194	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3422	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3414	29192	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4284	37396	1539	4263	-37203
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2099	18286	945	2087	-18183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16414	143287	5665	16316	-142434
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16409	143287	6264	16312	-142434
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16402	143288	6862	16306	-142434
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4104	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4102	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4101	35822	0	0	0
3	Comp. gl	18446	12759	110989	11002	12836	-111599
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9147	6359	55136	6104	6391	-55438
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27070	23984	208418	14023	24017	-208730
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27070	23969	208419	14900	24004	-208731
	380C1F3 / 380C2F3	27070	23951	208420	15778	23990	-208732
	150C1F1 / 150C2F1	6768	5996	52104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6768	5992	52105	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6768	5988	52105	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3713	32388	2754	5043	-44040
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1797	15635	1596	2465	-21504
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13807	120414	8622	16455	-143655
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13802	120414	9226	16451	-143655
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13795	120415	9831	16446	-143655
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3452	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3450	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3449	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	1777	3596	-31548
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	1036	1733	-15200
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	6714	13303	-116703
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	7205	13303	-116703
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	7696	13303	-116703
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3641	7708	40034	2529	11411	-53282
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1727	4728	22490	1341	6738	-30005
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13406	29308	149924	9367	40913	-191370
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13447	28087	146321	9484	39200	-185615

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	13498	26637	142137	9599	37176	-178836
	150C1F1 / 150C2F1	3352	7327	37481	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3362	7022	36580	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3374	6659	35534	0	0	0
1b	Comp. gl	3832	4935	37779	1646	5464	-38582
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1846	2562	18683	1005	2862	-19297
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14206	18948	144803	6053	20577	-147044
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14211	18762	144595	6577	20309	-146543
	380C1F3 / 380C2F3	14218	18541	144365	7105	19996	-145984
	150C1F1 / 150C2F1	3551	4737	36201	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3553	4690	36149	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3554	4635	36091	0	0	0
3	Comp. gl	18414	15995	112008	11337	18644	-115534
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9117	8632	56198	6284	10084	-58553
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26944	31133	213237	15054	36078	-222922
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26959	30606	212589	15739	35318	-221429
	380C1F3 / 380C2F3	26976	29981	211870	16433	34428	-219751
	150C1F1 / 150C2F1	6736	7783	53309	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6740	7652	53147	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6744	7495	52967	0	0	0
4	Comp. gl	3771	4362	32756	2812	6174	-44805
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1814	2258	16016	1629	3185	-22127
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13927	16337	121888	8860	20562	-146893
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13931	16152	121685	9417	20310	-146530
	380C1F3 / 380C2F3	13936	15932	121461	9978	20014	-146128
	150C1F1 / 150C2F1	3482	4084	30472	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3483	4038	30421	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3484	3983	30365	0	0	0
1a	Comp. gl	3491	15381	64611	2754	16752	-71470
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1663	10028	39542	1406	10031	-41069
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12856	58821	242692	10187	59802	-254471
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12889	55598	232575	10243	57069	-245448
	380C1F3 / 380C2F3	12934	51718	220325	10295	53822	-234670
	150C1F1 / 150C2F1	3214	14705	60673	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3222	13899	58144	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3234	12929	55081	0	0	0
1b	Comp. gl	3783	6159	39990	1784	6358	-40698
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1805	3468	20758	1073	3451	-20908
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13995	23714	153464	6556	23724	-154175
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14023	23157	152202	6991	23247	-152971
	380C1F3 / 380C2F3	14056	22500	150779	7433	22690	-151613
	150C1F1 / 150C2F1	3499	5929	38366	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3506	5789	38050	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3514	5625	37695	0	0	0
3	Comp. gl	18267	21726	118463	11766	22707	-121782

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8997	12756	62134	6492	12700	-63198
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26448	44599	238649	16192	44926	-243289
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26507	43039	235100	16695	43595	-239951
	380C1F3 / 380C2F3	26579	41192	231043	17208	42034	-236142
	150C1F1 / 150C2F1	6612	11150	59662	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6627	10760	58775	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6645	10298	57761	0	0	0
4	Comp. gl	3731	5579	34890	2896	6973	-46084
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1781	3156	18016	1673	3705	-23123
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13762	21082	130347	9192	23499	-152170
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13784	20529	129113	9688	23056	-151265
	380C1F3 / 380C2F3	13810	19874	127722	10190	22537	-150250
	150C1F1 / 150C2F1	3441	5271	32587	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3446	5132	32278	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3452	4969	31930	0	0	0
1a	Comp. gl	3564	10555	48981	2274	8218	-42486
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1691	6731	29019	1257	4730	-23087
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13119	40301	184042	8451	29642	-154078
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13162	38293	177684	8663	28594	-150748
	380C1F3 / 380C2F3	13218	35892	170126	8878	27364	-146899
	150C1F1 / 150C2F1	3280	10075	46010	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3290	9573	44421	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3305	8973	42531	0	0	0
1b	Comp. gl	3817	5370	38398	1584	4977	-37741
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1832	2882	19288	971	2543	-18629
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14142	20643	147238	5828	18854	-144225
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14155	20328	146720	6395	18697	-144021
	380C1F3 / 380C2F3	14170	19955	146142	6963	18514	-143796
	150C1F1 / 150C2F1	3535	5161	36809	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3539	5082	36680	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3542	4989	36536	0	0	0
3	Comp. gl	18370	18073	113794	11144	16353	-113078
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9078	10120	57910	6183	8614	-56648
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26780	35945	220661	14476	31185	-214388
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26812	35051	219103	15266	30740	-213759
0	380C1F3 / 380C2F3	26850	33992	217354	16061	30219	-213059
	150C1F1 / 150C2F1	6695	8986	55165	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6703	8763	54776	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6713	8498	54338	0	0	0
4	Comp. gl	3759	4796	33352	2778	5727	-44323
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1803	2576	16597	1610	2898	-21741
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13877	18026	124263	8720	18929	-144874
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13887	17713	123757	9305	18780	-144731
	380C1F3 / 380C2F3	13899	17341	123194	9891	18603	-144572
	150C1F1 / 150C2F1	3469	4507	31066	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	3472	4428	30939	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3475	4335	30799	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

		3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15			**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl		4995	4572	39634	2471	4580	-39671
Wind, 10 dgr	GW / opgw		2408	2218	19129	1416	2219	-19147
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1		18432	16830	145795	9348	16843	-145938
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2		18432	16816	145796	9961	16832	-145939
	380C1F3 / 380C2F3		18432	16799	145796	10575	16818	-145939
	150C1F1 / 150C2F1		4608	4207	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		4608	4204	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		4608	4200	36449	0	0	0
1b	Comp. gl		5072	5236	45788	2218	5224	-45669
Wind, -20 dgr	GW / opgw		2449	2563	22385	1319	2555	-22319
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1		18776	19805	173171	8257	19743	-172639
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2		18776	19800	173171	8983	19740	-172639
	380C1F3 / 380C2F3		18776	19795	173172	9709	19735	-172640
	150C1F1 / 150C2F1		4694	4951	43293	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		4694	4950	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		4694	4949	43293	0	0	0
3	Comp. gl		8339	7174	62185	4337	7196	-62322
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw		4080	3541	30550	2475	3547	-30616
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1		21501	20259	176140	10592	20258	-176153
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2		21501	20247	176141	11333	20249	-176154
	380C1F3 / 380C2F3		21501	20233	176141	12073	20237	-176154
	150C1F1 / 150C2F1		5375	5065	44035	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		5375	5062	44035	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		5375	5058	44035	0	0	0
4	Comp. gl		5006	4637	40530	3267	5641	-49330
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw		2414	2245	19597	1869	2751	-24034
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1		18481	17129	149696	10889	19115	-167130
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2		18481	17124	149697	11592	19112	-167131
	380C1F3 / 380C2F3		18481	17119	149697	12295	19108	-167131
	150C1F1 / 150C2F1		4620	4282	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		4620	4281	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		4620	4280	37424	0	0	0
6	Comp. gl		5605	4953	43449	2827	4960	-43513
Permanent, +10 dgr	GW / opgw		2703	2392	20985	1609	2396	-21016
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1		20680	18180	159484	10698	18208	-159734
	380C1F2 / 380C2F2		20680	18180	159484	11369	18208	-159734
	380C1F3 / 380C2F3		20680	18180	159484	12041	18208	-159734
	150C1F1 / 150C2F1		5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl		4958	6356	41414	2807	7959	-45480
Wind, 10 dgr	GW / opgw		2375	3505	20875	1582	4413	-23585
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1		18280	23778	152859	10501	28806	-165602
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		18298	23253	151948	10908	28034	-163640
	380C1F3 / 380C2F3		18318	22631	150930	11323	27130	-161415
	150C1F1 / 150C2F1		4570	5945	38215	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		3	4	5	6	66	67	68
		AHEAD				BACK		
	Attachment point	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4574	5813	37987		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4579	5658	37732		0	0	0
1b	Comp. gl	5067	5739	45932		2268	6125	-46244
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2445	2916	22544		1348	3129	-22799
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18755	21759	173742		8436	22950	-174546
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18758	21619	173656		9126	22756	-174326
	380C1F3 / 380C2F3	18761	21453	173562		9819	22528	-174083
	150C1F1 / 150C2F1	4689	5440	43435		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4689	5405	43414		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4690	5363	43391		0	0	0
3	Comp. gl	8285	9921	64417		4835	12326	-69755
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4031	5510	32739		2725	6861	-36285
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21391	26025	180420		11479	30037	-188660
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21405	25598	179849		12054	29416	-187350
	380C1F3 / 380C2F3	21420	25091	179214		12637	28689	-185878
	150C1F1 / 150C2F1	5348	6506	45105		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5351	6399	44962		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5355	6273	44803		0	0	0
4	Comp. gl	5002	5139	40669		3298	6520	-49706
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2410	2598	19751		1887	3306	-24350
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18464	19082	150254		11012	22275	-168616
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18466	18943	150170		11690	22087	-168440
	380C1F3 / 380C2F3	18468	18777	150078		12371	21864	-168246
	150C1F1 / 150C2F1	4616	4771	37563		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4617	4736	37542		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4617	4694	37519		0	0	0
1a	Comp. gl	4834	9851	49867		3098	10504	-52907
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2295	6054	27943		1696	6052	-28704
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17795	37362	185712		11526	37778	-191001
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17846	35792	181367		11791	36434	-186982
	380C1F3 / 380C2F3	17909	33927	176323		12059	34856	-182335
	150C1F1 / 150C2F1	4449	9341	46428		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4461	8948	45342		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4477	8482	44081		0	0	0
1b	Comp. gl	5043	6628	46909		2342	6758	-47219
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2422	3562	23513		1388	3542	-23576
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18651	25221	177586		8700	25189	-177805
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18666	24824	177001		9340	24852	-177239
	380C1F3 / 380C2F3	18683	24353	176351		9985	24458	-176607
	150C1F1 / 150C2F1	4663	6305	44397		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4666	6206	44250		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4671	6088	44088		0	0	0
3	Comp. gl	8099	15160	75361		5286	16112	-79481
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3906	9314	41944		2907	9296	-43017
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20965	37018	202705		12449	37288	-206477
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21016	35741	199601		12870	36195	-203562

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

		3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15			**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	21077	34228	196051		13299	34915	-200233
	150C1F1 / 150C2F1	5241	9254	50676		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5254	8935	49900		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5269	8557	49013		0	0	0
4	Comp. gl	4982	6026	41619		3347	7119	-50382
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2392	3241	20691		1913	3693	-24892
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18379	22538	154029		11197	24444	-171247
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18392	22142	153454		11840	24119	-170787
	380C1F3 / 380C2F3	18405	21673	152815		12486	23739	-170275
	150C1F1 / 150C2F1	4595	5634	38507		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4598	5536	38364		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4601	5418	38204		0	0	0
1a	Comp. gl	4913	7599	43986		2629	6554	-42102
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2342	4421	23176		1500	3494	-21080
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18102	28621	162955		9887	23850	-154129
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18136	27717	160880		10398	23403	-153254
	380C1F3 / 380C2F3	18176	26649	158526		10915	22880	-152275
	150C1F1 / 150C2F1	4526	7155	40739		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4534	6929	40220		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4544	6662	39631		0	0	0
1b	Comp. gl	5060	6061	46194		2238	5770	-45880
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2438	3147	22812		1331	2900	-22500
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18725	23011	174777		8330	21690	-173333
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18732	22781	174552		9041	21573	-173248
	380C1F3 / 380C2F3	18739	22507	174305		9753	21436	-173154
	150C1F1 / 150C2F1	4681	5753	43694		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4683	5695	43638		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4685	5627	43576		0	0	0
3	Comp. gl	8219	11794	67714		4568	10222	-65396
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3981	6881	35697		2600	5491	-33052
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21250	29941	186949		10983	26047	-181165
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21278	29212	185580		11647	25686	-180611
0	380C1F3 / 380C2F3	21311	28350	184044		12317	25262	-179994
	150C1F1 / 150C2F1	5312	7485	46737		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5319	7303	46395		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5328	7087	46011		0	0	0
4	Comp. gl	4996	5460	40924		3279	6178	-49460
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2405	2828	20010		1876	3088	-24148
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18440	20333	151269		10939	21043	-167653
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18445	20103	151049		11632	20929	-167586
	380C1F3 / 380C2F3	18451	19829	150806		12325	20794	-167513
	150C1F1 / 150C2F1	4610	5083	37817		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4611	5026	37762		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4613	4957	37701		0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3652	31563		1778	3654	-31546
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1771	15207		1036	1769	-15199

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Tranvevese [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Tranvevese [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13520	116761	6715	13510	-116695
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13506	116761	7206	13498	-116694
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13489	116761	7696	13485	-116694
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3380	29190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3376	29190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3372	29190	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4279	37396	1539	4259	-37203
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2096	18286	945	2084	-18183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16398	143288	5665	16300	-142435
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16394	143289	6263	16297	-142435
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16389	143289	6862	16292	-142435
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4100	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4098	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4097	35822	0	0	0
3	Comp. gl	7128	6390	55305	3593	6405	-55382
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3496	3161	27210	2078	3163	-27246
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16998	17060	148077	7922	17031	-147844
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16998	17048	148078	8543	17022	-147844
	380C1F3 / 380C2F3	16998	17034	148078	9165	17010	-147844
	150C1F1 / 150C2F1	4249	4265	37019	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4249	4262	37019	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4249	4258	37020	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3709	32388	2548	4783	-41805
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1794	15635	1480	2334	-20379
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13791	120415	8207	15920	-139104
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13787	120416	8791	15917	-139104
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13782	120416	9376	15913	-139104
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3448	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3447	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3445	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	1777	3596	-31548
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	1036	1733	-15200
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	6714	13303	-116703
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	7205	13303	-116703
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	7696	13303	-116703
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3721	5526	34140	2171	7271	-39447
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1776	3137	17651	1219	4122	-21035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13718	20828	126992	8083	26300	-143630
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13740	20262	125724	8343	25463	-141105
	380C1F3 / 380C2F3	13765	19593	124294	8608	24483	-138210
	150C1F1 / 150C2F1	3430	5207	31748	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3435	5066	31431	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3441	4898	31073	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Tranvevese [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Tranvevese [N]	Longitudinal [N]
1b	Comp. gl	3836	4792	37632	1610	5194	-38080
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1849	2459	18535	985	2685	-18901
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14222	18393	144221	5921	19622	-145358
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14226	18248	144090	6469	19416	-145033
	380C1F3 / 380C2F3	14230	18076	143945	7021	19175	-144672
	150C1F1 / 150C2F1	3555	4598	36055	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3556	4562	36022	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3557	4519	35986	0	0	0
3	Comp. gl	7064	9199	58093	4152	11709	-64343
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3440	5185	29886	2350	6594	-33947
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16855	23024	154103	9018	27309	-164740
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16871	22573	153322	9442	26643	-163040
	380C1F3 / 380C2F3	16891	22039	152451	9873	25865	-161116
	150C1F1 / 150C2F1	4214	5756	38526	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4218	5643	38331	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4223	5510	38113	0	0	0
4	Comp. gl	3774	4221	32614	2588	5679	-42331
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1817	2156	15874	1503	2903	-20812
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13939	15784	121321	8369	19156	-141259
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13942	15639	121193	8922	18960	-141013
	380C1F3 / 380C2F3	13945	15468	121052	9477	18729	-140741
	150C1F1 / 150C2F1	3485	3946	30330	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3486	3910	30298	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3486	3867	30263	0	0	0
1a	Comp. gl	3594	9286	44917	2432	9993	-48434
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1704	5847	26130	1310	5852	-26952
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13230	35411	168621	9016	35906	-174598
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13274	33745	163430	9166	34481	-169865
	380C1F3 / 380C2F3	13330	31758	157314	9315	32802	-164327
	150C1F1 / 150C2F1	3308	8853	42155	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3319	8436	40858	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3333	7939	39329	0	0	0
1b	Comp. gl	3802	5734	39070	1707	5876	-39482
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1820	3152	19921	1036	3134	-19993
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14077	22060	149873	6277	22027	-150073
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14097	21634	149032	6760	21663	-149266
	380C1F3 / 380C2F3	14120	21131	148091	7249	21237	-148360
	150C1F1 / 150C2F1	3519	5515	37468	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3524	5409	37258	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3530	5283	37023	0	0	0
3	Comp. gl	6869	14643	70832	4592	15640	-75342
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3318	9119	40232	2517	9107	-41357
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16379	34727	182634	10032	35059	-186940
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16430	33370	178824	10311	33895	-183406
	380C1F3 / 380C2F3	16493	31759	174414	10594	32530	-179329
	150C1F1 / 150C2F1	4095	8682	45658	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4107	8342	44706	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4123	7940	43603	0	0	0
4	Comp. gl	3747	5157	34001	2649	6304	-43231
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1793	2843	17207	1535	3308	-21521
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13826	19437	126836	8605	21437	-144880
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13842	19013	126015	9113	21094	-144253
	380C1F3 / 380C2F3	13860	18512	125096	9626	20692	-143553
	150C1F1 / 150C2F1	3457	4859	31709	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3461	4753	31504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3465	4628	31274	0	0	0
1a	Comp. gl	3670	6870	37598	1979	5746	-35011
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1743	4124	20570	1139	3129	-17885
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13519	26059	140505	7411	20922	-128450
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13555	25084	137797	7774	20437	-127245
	380C1F3 / 380C2F3	13598	23930	134685	8141	19871	-125885
	150C1F1 / 150C2F1	3380	6515	35126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3389	6271	34449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3400	5982	33671	0	0	0
1b	Comp. gl	3826	5129	38027	1568	4819	-37538
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1840	2705	18928	962	2440	-18464
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14179	19705	145779	5771	18294	-143546
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14188	19462	145445	6348	18172	-143417
	380C1F3 / 380C2F3	14198	19174	145074	6927	18030	-143274
	150C1F1 / 150C2F1	3545	4926	36445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3547	4866	36361	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3550	4794	36269	0	0	0
3	Comp. gl	6991	11147	62044	3864	9513	-59184
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3387	6609	33320	2221	5167	-30212
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16684	27186	162795	8429	23046	-154841
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16717	26409	161002	8953	22662	-154090
0	380C1F3 / 380C2F3	16755	25490	158971	9483	22213	-153250
	150C1F1 / 150C2F1	4171	6796	40699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4179	6602	40250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4189	6373	39743	0	0	0
4	Comp. gl	3766	4556	32994	2564	5327	-41996
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1810	2400	16251	1490	2677	-20541
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13906	17092	122840	8273	17879	-139899
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13913	16850	122514	8845	17761	-139803
	380C1F3 / 380C2F3	13921	16563	122152	9417	17623	-139698
	150C1F1 / 150C2F1	3477	4273	30710	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3478	4212	30628	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3480	4141	30538	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4995	4572	39634	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2408	2218	19129	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18432	16830	145795	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18432	16816	145796	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18432	16799	145796	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4608	4207	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4608	4204	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4608	4200	36449	0	0	0
1b	Comp. gl	5072	5236	45788	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2449	2563	22385	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18776	19805	173171	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18776	19800	173171	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18776	19795	173172	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4694	4951	43293	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4694	4950	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4694	4949	43293	0	0	0
3	Comp. gl	8339	7174	62185	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4080	3541	30550	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21501	20259	176140	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21501	20247	176141	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21501	20233	176141	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5375	5065	44035	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5375	5062	44035	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5375	5058	44035	0	0	0
4	Comp. gl	5006	4637	40530	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2414	2245	19597	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18481	17129	149696	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18481	17124	149697	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18481	17119	149697	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4620	4282	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4620	4281	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4620	4280	37424	0	0	0
6	Comp. gl	5605	4953	43449	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2703	2392	20985	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	20680	18180	159484	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	20680	18180	159484	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	20680	18180	159484	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl	4958	6356	41414	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2375	3505	20875	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18280	23778	152859	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18298	23253	151948	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18318	22631	150930	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4570	5945	38215	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4574	5813	37987	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4579	5658	37732	0	0	0
1b	Comp. gl	5067	5739	45932	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2445	2916	22544	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18755	21759	173742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18758	21619	173656	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18761	21453	173562	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4689	5440	43435	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4689	5405	43414	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4690	5363	43391	0	0	0
3	Comp. gl	8285	9921	64417	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4031	5510	32739	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21391	26025	180420	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21405	25598	179849	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21420	25091	179214	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5348	6506	45105	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5351	6399	44962	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5355	6273	44803	0	0	0
4	Comp. gl	5002	5139	40669	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2410	2598	19751	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18464	19082	150254	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18466	18943	150170	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18468	18777	150078	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4616	4771	37563	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4617	4736	37542	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4617	4694	37519	0	0	0
1a	Comp. gl	4834	9851	49867	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2295	6054	27943	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17795	37362	185712	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17846	35792	181367	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17909	33927	176323	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4449	9341	46428	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4461	8948	45342	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4477	8482	44081	0	0	0
1b	Comp. gl	5043	6628	46909	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2422	3562	23513	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18651	25221	177586	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18666	24824	177001	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18683	24353	176351	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4663	6305	44397	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4666	6206	44250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4671	6088	44088	0	0	0
3	Comp. gl	8099	15160	75361	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3906	9314	41944	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20965	37018	202705	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21016	35741	199601	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	21077	34228	196051	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5241	9254	50676	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5254	8935	49900	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5269	8557	49013	0	0	0
4	Comp. gl	4982	6026	41619	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2392	3241	20691	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18379	22538	154029	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18392	22142	153454	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18405	21673	152815	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4595	5634	38507	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4598	5536	38364	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4601	5418	38204	0	0	0
1a	Comp. gl	4913	7599	43986	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2342	4421	23176	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18102	28621	162955	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18136	27717	160880	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18176	26649	158526	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4526	7155	40739	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4534	6929	40220	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4544	6662	39631	0	0	0
1b	Comp. gl	5060	6061	46194	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2438	3147	22812	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18725	23011	174777	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18732	22781	174552	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18739	22507	174305	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4681	5753	43694	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4683	5695	43638	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4685	5627	43576	0	0	0
3	Comp. gl	8219	11794	67714	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3981	6881	35697	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21250	29941	186949	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21278	29212	185580	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	21311	28350	184044	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5312	7485	46737	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5319	7303	46395	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5328	7087	46011	0	0	0
4	Comp. gl	4996	5460	40924	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2405	2828	20010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18440	20333	151269	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18445	20103	151049	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18451	19829	150806	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4610	5083	37817	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4611	5026	37762	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4613	4957	37701	0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3652	31563	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1771	15207	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13520	116761	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13506	116761	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13489	116761	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3380	29190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3376	29190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3372	29190	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4279	37396	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2096	18286	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16398	143288	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16394	143289	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16389	143289	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4100	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4098	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4097	35822	0	0	0
3	Comp. gl	7128	6390	55305	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3496	3161	27210	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16998	17060	148077	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16998	17048	148078	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16998	17034	148078	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4249	4265	37019	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4249	4262	37019	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4249	4258	37020	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3709	32388	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1794	15635	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13791	120415	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13787	120416	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13782	120416	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3448	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3447	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3445	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3721	5526	34140	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1776	3137	17651	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13718	20828	126992	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13740	20262	125724	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13765	19593	124294	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3430	5207	31748	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3435	5066	31431	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3441	4898	31073	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1b	Comp. gl	3836	4792	37632	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1849	2459	18535	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14222	18393	144221	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14226	18248	144090	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14230	18076	143945	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3555	4598	36055	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3556	4562	36022	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3557	4519	35986	0	0	0
3	Comp. gl	7064	9199	58093	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3440	5185	29886	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16855	23024	154103	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16871	22573	153322	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16891	22039	152451	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4214	5756	38526	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4218	5643	38331	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4223	5510	38113	0	0	0
4	Comp. gl	3774	4221	32614	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1817	2156	15874	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13939	15784	121321	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13942	15639	121193	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13945	15468	121052	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3485	3946	30330	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3486	3910	30298	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3486	3867	30263	0	0	0
1a	Comp. gl	3594	9286	44917	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1704	5847	26130	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13230	35411	168621	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13274	33745	163430	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13330	31758	157314	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3308	8853	42155	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3319	8436	40858	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3333	7939	39329	0	0	0
1b	Comp. gl	3802	5734	39070	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1820	3152	19921	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14077	22060	149873	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14097	21634	149032	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14120	21131	148091	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3519	5515	37468	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3524	5409	37258	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3530	5283	37023	0	0	0
3	Comp. gl	6869	14643	70832	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3318	9119	40232	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16379	34727	182634	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16430	33370	178824	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16493	31759	174414	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4095	8682	45658	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4107	8342	44706	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4123	7940	43603	0	0	0
4	Comp. gl	3747	5157	34001	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1793	2843	17207	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13826	19437	126836	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13842	19013	126015	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13860	18512	125096	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3457	4859	31709	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3461	4753	31504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3465	4628	31274	0	0	0
1a	Comp. gl	3670	6870	37598	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1743	4124	20570	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13519	26059	140505	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13555	25084	137797	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13598	23930	134685	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3380	6515	35126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3389	6271	34449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3400	5982	33671	0	0	0
1b	Comp. gl	3826	5129	38027	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1840	2705	18928	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14179	19705	145779	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14188	19462	145445	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14198	19174	145074	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3545	4926	36445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3547	4866	36361	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3550	4794	36269	0	0	0
3	Comp. gl	6991	11147	62044	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3387	6609	33320	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16684	27186	162795	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16717	26409	161002	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	16755	25490	158971	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4171	6796	40699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4179	6602	40250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4189	6373	39743	0	0	0
4	Comp. gl	3766	4556	32994	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1810	2400	16251	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13906	17092	122840	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13913	16850	122514	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13921	16563	122152	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3477	4273	30710	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3478	4212	30628	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3480	4141	30538	0	0	0

W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4178	3982	34328	2006	3988	-34329
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2014	1934	16551	1162	1933	-16552
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15425	14715	126723	7582	14712	-126726
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15425	14697	126722	8114	14697	-126725
	380C1F3 / 380C2F3	15425	14675	126722	8647	14680	-126725
	150C1F1 / 150C2F1	3856	3679	31681	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3856	3674	31681	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3856	3669	31681	0	0	0
1b	Comp. gl	4254	4606	40283	1761	4588	-40116
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2054	2255	19696	1069	2244	-19606
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15764	17560	153574	6516	17475	-152831
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15764	17556	153574	7158	17472	-152831
	380C1F3 / 380C2F3	15764	17552	153575	7800	17468	-152832
	150C1F1 / 150C2F1	3941	4390	38394	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3941	4389	38394	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3941	4388	38394	0	0	0
3	Comp. gl	14006	10444	91000	7996	10496	-91411
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6923	5189	45088	4481	5210	-45291
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24251	22079	192372	12271	22096	-192534
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24251	22069	192373	13080	22088	-192535
	380C1F3 / 380C2F3	24251	22057	192374	13890	22078	-192535
	150C1F1 / 150C2F1	6063	5520	48093	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6063	5517	48093	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6063	5514	48093	0	0	0
4	Comp. gl	4189	4024	35180	2647	4904	-42888
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2020	1947	16994	1531	2389	-20878
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15472	14926	130471	8812	16662	-145700
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15472	14923	130471	9424	16659	-145700
	380C1F3 / 380C2F3	15472	14919	130471	10037	16655	-145701
	150C1F1 / 150C2F1	3868	3732	32618	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3868	3731	32618	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3868	3730	32618	0	0	0
1a	Comp. gl	4111	6425	37975	2517	8703	-45139
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1960	3717	19948	1392	4992	-24398
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15152	24234	141140	9362	31377	-163587
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15181	23494	139391	9605	30293	-160256
	380C1F3 / 380C2F3	15214	22619	137408	9853	29022	-156413
	150C1F1 / 150C2F1	3788	6058	35285	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3795	5873	34848	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3804	5655	34352	0	0	0
1b	Comp. gl	4249	5026	40414	1805	5342	-40629
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2050	2550	19839	1094	2725	-20033
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15746	19193	154091	6674	20160	-154537
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15748	19076	154014	7285	19997	-154342
	380C1F3 / 380C2F3	15750	18937	153930	7898	19806	-154125

W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

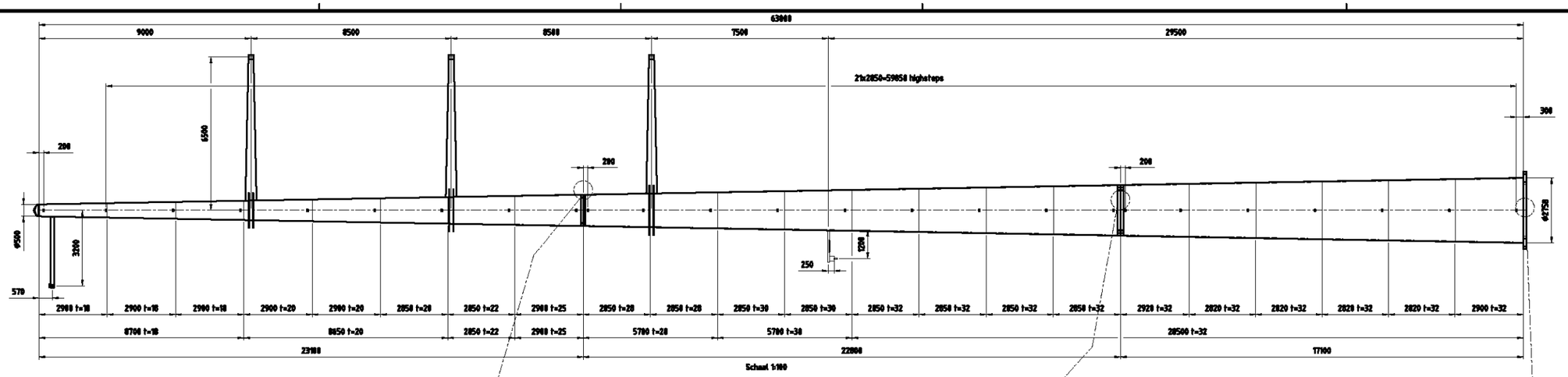
Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

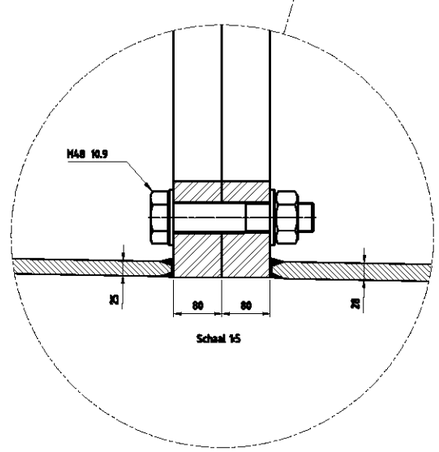
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	3936	4798	38523	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3937	4769	38504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3938	4734	38483	0	0	0
3	Comp. gl	13986	12598	91653	8213	14359	-93964
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6904	6701	45777	4599	7667	-47331
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24184	26753	194782	12837	29899	-199919
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24192	26413	194447	13538	29414	-199113
	380C1F3 / 380C2F3	24202	26009	194078	14245	28846	-198215
	150C1F1 / 150C2F1	6046	6688	48696	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6048	6603	48612	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6050	6502	48519	0	0	0
4	Comp. gl	4186	4444	35305	2674	5638	-43223
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2017	2241	17130	1547	2854	-21159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15458	16558	130973	8918	19305	-147026
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15460	16442	130898	9509	19146	-146871
	380C1F3 / 380C2F3	15462	16303	130816	10102	18960	-146699
	150C1F1 / 150C2F1	3864	4140	32743	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3865	4110	32724	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3865	4076	32704	0	0	0
1a	Comp. gl	3961	11289	52170	2806	12193	-56655
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1880	7187	30780	1488	7192	-31820
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14580	43060	195618	10399	43697	-203305
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14627	40932	189037	10531	41881	-197340
	380C1F3 / 380C2F3	14689	38387	181226	10661	39736	-190319
	150C1F1 / 150C2F1	3645	10765	48905	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3657	10233	47259	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3672	9597	45306	0	0	0
1b	Comp. gl	4228	5773	41283	1870	5876	-41494
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2030	3094	20700	1129	3074	-20723
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15653	22102	157513	6907	22046	-157435
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15666	21768	156993	7474	21762	-156931
	380C1F3 / 380C2F3	15681	21372	156415	8045	21430	-156371
	150C1F1 / 150C2F1	3913	5526	39378	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3917	5442	39248	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3920	5343	39104	0	0	0
3	Comp. gl	13888	16409	95890	8503	17063	-98105
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6822	9449	49740	4743	9414	-50458
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	23885	35381	208677	13559	35549	-211327
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23924	34381	206660	14134	34696	-209407
	380C1F3 / 380C2F3	23970	33198	204382	14718	33699	-207239
	150C1F1 / 150C2F1	5971	8845	52169	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5981	8595	51665	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5992	8300	51095	0	0	0
4	Comp. gl	4168	5188	36145	2716	6142	-43822
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2001	2782	17960	1570	3179	-21638
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15385	19460	134318	9078	21128	-149358

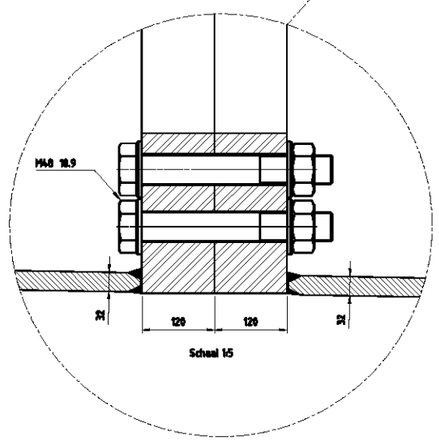
W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

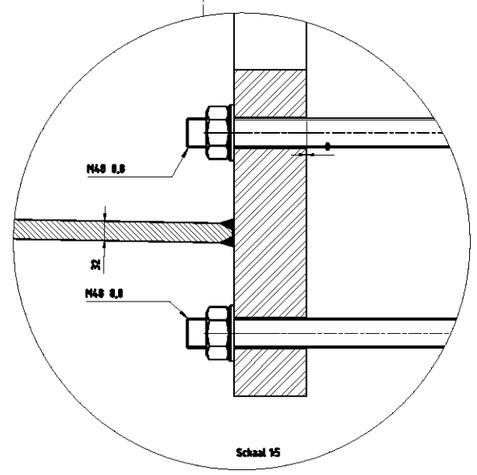
Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

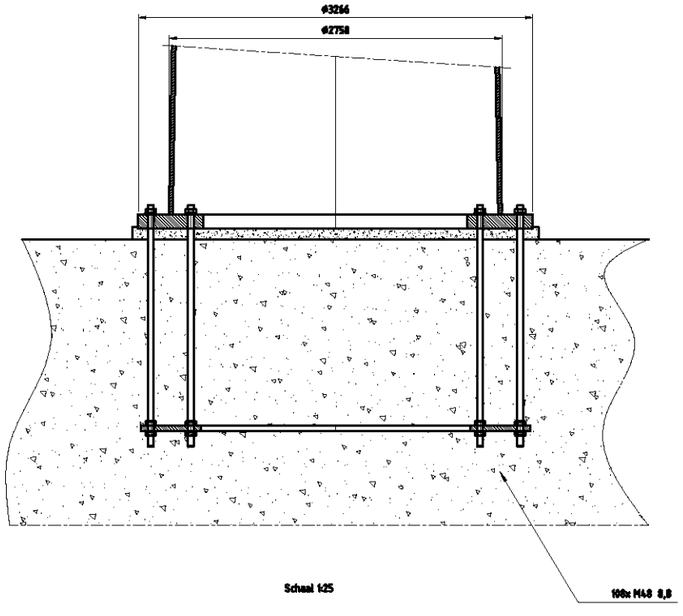
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15395	19127	133810	9639	20854	-148950
	380C1F3 / 380C2F3	15407	18732	133244	10202	20534	-148497
	150C1F1 / 150C2F1	3846	4865	33580	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3849	4782	33452	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3852	4683	33311	0	0	0
1a	Comp. gl	4048	8177	42664	2282	6718	-39198
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1921	4993	23785	1299	3710	-20277
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14904	31043	159350	8534	24379	-143241
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14947	29778	155755	8896	23745	-141586
	380C1F3 / 380C2F3	15000	28278	151593	9263	23005	-139711
	150C1F1 / 150C2F1	3726	7761	39838	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3737	7444	38939	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3750	7069	37898	0	0	0
1b	Comp. gl	4243	5296	40648	1779	5044	-40305
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2044	2744	20077	1079	2533	-19769
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15719	20243	155014	6580	19102	-153456
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15725	20050	154814	7210	19004	-153381
	380C1F3 / 380C2F3	15731	19820	154593	7840	18889	-153297
	150C1F1 / 150C2F1	3930	5061	38753	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3931	5012	38703	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3933	4955	38648	0	0	0
3	Comp. gl	13957	13979	92814	8087	12836	-92363
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6878	7691	46904	4531	6689	-46076
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24092	29843	198698	12510	26770	-195387
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24111	29270	197864	13273	26484	-195060
0	380C1F3 / 380C2F3	24132	28592	196936	14038	26148	-194698
	150C1F1 / 150C2F1	6023	7461	49674	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6028	7318	49466	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6033	7148	49234	0	0	0
4	Comp. gl	4181	4713	35531	2658	5352	-43005
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2012	2435	17359	1538	2671	-20981
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15437	17607	131874	8855	18272	-146171
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15441	17414	131679	9459	18176	-146112
	380C1F3 / 380C2F3	15446	17184	131463	10063	18064	-146047
	150C1F1 / 150C2F1	3859	4402	32969	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3860	4353	32920	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3862	4296	32866	0	0	0

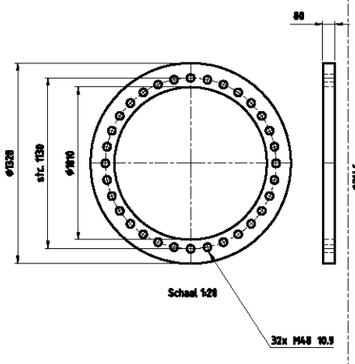


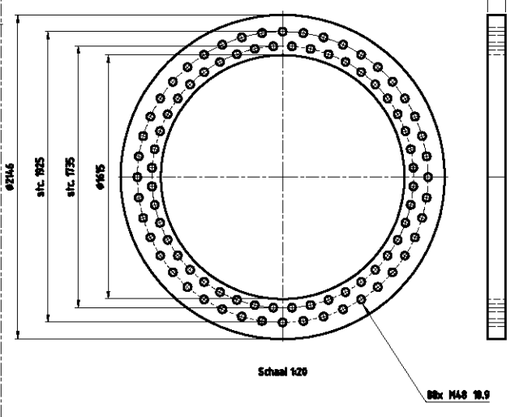


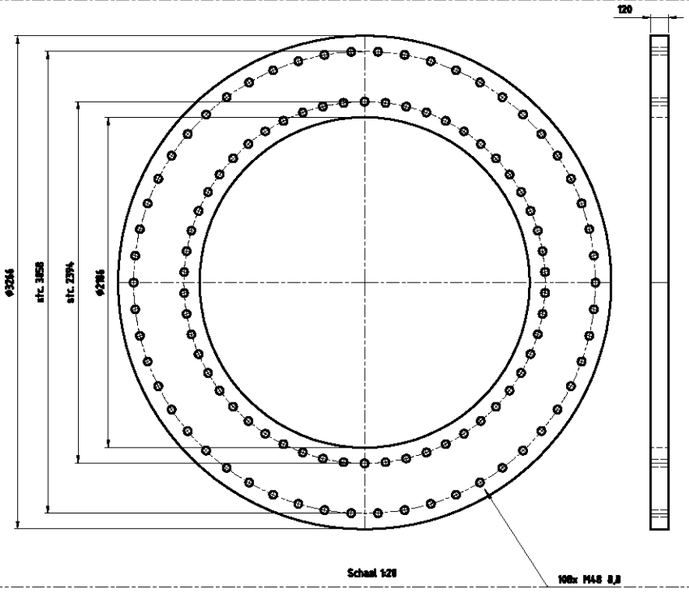












Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: lineair in mm

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden =0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) =0.5%
-Tolerantie in hoogte richting =0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsboeten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor Lasdetails tek. 07.01.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 32651kg
Gewicht mastdeel 2: 29458kg
Gewicht mastdeel 3: 10358kg
Totaal gewicht W4H400ZA+10: 72465kg

Benaming: Mast type W4H400ZA+10

Wijz	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maatvoering: mm	Adres:
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt: nvt
3	30-01-2015	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Telecom
Volker Wessels Telecom Network Solutions, Kanaal Zuid 286 Liaren
Postbus 678, 7300AR Apeldoorn, Tel. +31 (0)88 1316 000

Tek.nr.: MS-0004/15 A1

auteursrechten Volker Wessels Telecom Network Solutions, rechten verboden

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W4S400Z(+5)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	15 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	21 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	27-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4S400Z(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

blz.

9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV 55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 62
9.1.3 Berekening clips 14,5 65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator 67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm 69
9.2 Berekening V-brace - 150 kV 70
9.2.1 Berekening uithouder V-brace - 150 kV 70
9.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 77
9.2.3 Berekening clips 14,5 80
9.2.4 Berekening clips 15– druk isolator 82
9.2.5 Berekening deling van de steunarm 84
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad 85
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 87
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 88
9.4 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider" 90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 95
9.4.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider" 96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8 101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting 103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 105
9.8 Berekening clips voor 4,5m hijsbalk 108
9.8.1 Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m 109
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting 113
9.9 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk 115
9.9.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip 120
9.9.2 Controle capaciteit van de aansluiting 122
9.9.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip 123
9.9.4 Controle capaciteit van de aansluiting 127
9.10 Berekening versterking deur 130

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 - bijlage AA en AA2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4S400Z(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 13 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+5) zijn de bijlage AA (berekening maststerkte) en bijlage AA2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 (380 kV) Rev 03, d.d. 27-11-2013, SEFAG 138 141-217 (150 kV), d.d. 14-01-2014 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 58,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,008 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 29,0 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 13 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+5) zijn de bijlage AA (berekening maststerkte) en bijlage AA2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W4S400Z (+5)”

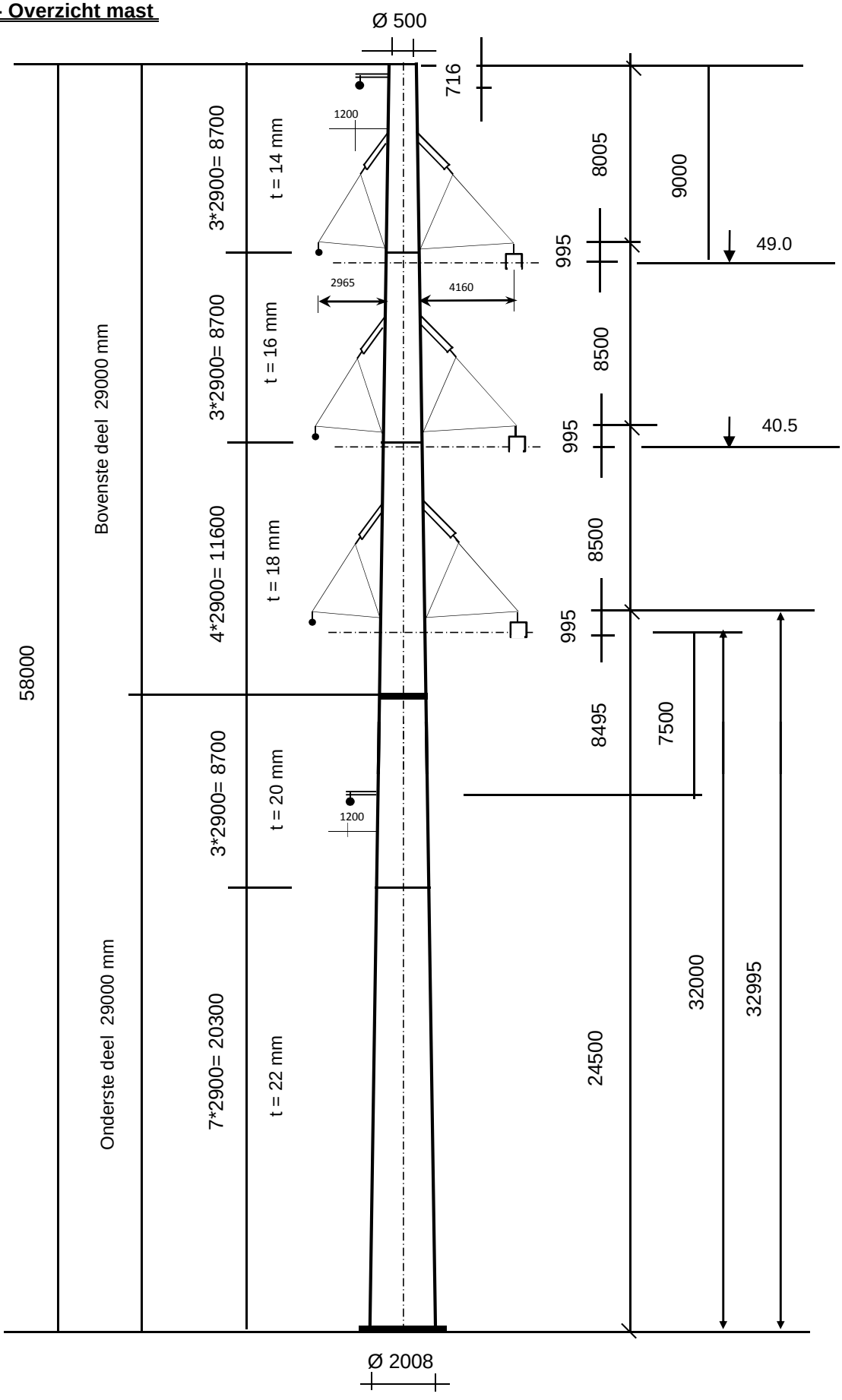
Berekening

W4S400Z +5

58,0 m - 2008 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4S400Z(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,254

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	519	500	n.v.t.	2	1	57,64
2	2184	575	519	n.v.t.	2	1	56,19
3	2900	651	575	n.v.t.	2	1	53,65
4	2205	708	651	n.v.t.	2	1	51,10
5	695	726	708	n.v.t.	2	1	49,65
6	2900	802	726	n.v.t.	2	1	47,85
7	2900	877	802	n.v.t.	2	1	44,95
8	2005	929	877	n.v.t.	2	1	42,50
9	895	952	929	n.v.t.	2	1	41,05
10	1450	990	952	n.v.t.	2	1	39,88
11	1450	1028	990	n.v.t.	2	1	38,43
12	1450	1066	1028	n.v.t.	2	1	36,98
13	1450	1103	1066	n.v.t.	2	1	35,53
14	1805	1150	1103	n.v.t.	2	1	33,90
15	1095	1179	1150	n.v.t.	2	1	32,45
16	2900	1254	1179	n.v.t.	2	1	30,45
17	2900	1329	1254	n.v.t.	2	1	27,55
18	1600	1371	1254	n.v.t.	2	1	25,30
19	1300	1405	1371	n.v.t.	2	1	23,85
20	2900	1480	1405	n.v.t.	2	1	21,75
21	2900	1556	1480	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	1631	1556	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	1706	1631	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1782	1706	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1857	1782	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1933	1857	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	2008	1933	n.v.t.	2	1	1,45
	58000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	14,0	21785	171,01	6,69E+08	175,19	2,63E+06
2	547	14,0	23443	184,03	8,33E+08	188,51	3,05E+06
3	613	14,0	26350	206,85	1,18E+09	211,87	3,86E+06
4	679	14,0	29269	229,76	1,62E+09	235,33	4,77E+06
5	717	14,0	30927	242,78	1,91E+09	248,66	5,33E+06
6	764	16,0	37594	295,11	2,63E+09	264,48	6,88E+06
7	839	16,0	41384	324,86	3,51E+09	291,14	8,36E+06
8	903	16,0	44589	350,02	4,39E+09	313,68	9,72E+06
9	941	16,0	46484	364,90	4,97E+09	327,00	1,06E+07
10	971	18,0	53905	423,15	6,13E+09	337,08	1,26E+07
11	1009	18,0	56037	439,89	6,88E+09	350,41	1,36E+07
12	1047	18,0	58169	456,62	7,70E+09	363,74	1,47E+07
13	1084	18,0	60301	473,36	8,57E+09	377,07	1,58E+07
14	1127	18,0	62694	492,14	9,63E+09	392,02	1,71E+07
15	1164	18,0	64825	508,88	1,07E+10	405,35	1,83E+07
16	1216	18,0	67762	531,93	1,22E+10	423,71	2,00E+07
17	1292	20,0	79903	627,24	1,62E+10	449,67	2,50E+07
18	1313	20,0	81210	637,50	1,70E+10	457,02	2,58E+07
19	1388	20,0	85948	674,69	2,01E+10	483,68	2,90E+07
20	1443	20,0	89378	701,62	2,26E+10	502,98	3,14E+07
21	1518	22,0	103389	811,61	2,89E+10	528,94	3,81E+07
22	1593	22,0	108600	852,51	3,35E+10	555,59	4,21E+07
23	1669	22,0	113812	893,42	3,86E+10	582,25	4,62E+07
24	1744	22,0	119023	934,33	4,41E+10	608,90	5,06E+07
25	1820	22,0	124234	975,24	5,02E+10	635,56	5,52E+07
26	1895	22,0	129446	1016,15	5,68E+10	662,22	5,99E+07
27	1970	22,0	134657	1057,06	6,39E+10	688,87	6,49E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	58000	1 -- 2	1	716	2,18E+04	6,69E+08
2	57284	2 -- 3	2	2184	2,34E+04	8,33E+08
3	55100	3 -- 4	3	2900	2,63E+04	1,18E+09
4	52200	4 -- 5	4	2205	2,93E+04	1,62E+09
5	49995	5 -- 6	5	695	3,09E+04	1,91E+09
6	49300	6 -- 7	6	2900	3,76E+04	2,63E+09
7	46400	7 -- 8	7	2900	4,14E+04	3,51E+09
8	43500	8 -- 9	8	2005	4,46E+04	4,39E+09
9	41495	9 -- 10	9	895	4,65E+04	4,97E+09
10	40600	10 -- 11	10	1450	5,39E+04	6,13E+09
11	39150	11 -- 12	11	1450	5,60E+04	6,88E+09
12	37700	12 -- 13	12	1450	5,82E+04	7,70E+09
13	36250	13 -- 14	13	1450	6,03E+04	8,57E+09
14	34800	14 -- 15	14	1805	6,27E+04	9,63E+09
15	32995	15 -- 16	15	1095	6,48E+04	1,07E+10
16	31900	16 -- 17	16	2900	6,78E+04	1,22E+10
17	29000	17 -- 18	17	2900	7,99E+04	1,62E+10
18	26100	18 -- 19	18	1600	8,12E+04	1,70E+10
19	24500	19 -- 20	19	1300	8,59E+04	2,01E+10
20	23200	20 -- 21	20	2900	8,94E+04	2,26E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	1,03E+05	2,89E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	1,09E+05	3,35E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	1,14E+05	3,86E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	1,19E+05	4,41E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	1,24E+05	5,02E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,29E+05	5,68E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,35E+05	6,39E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	57,64	0,21	1,19	32,02	0,18	1432
2	56,19	0,21	1,18	31,87	0,18	1423
3	53,65	0,21	1,17	31,61	0,18	1406
4	51,10	0,21	1,16	31,33	0,18	1389
5	49,65	0,21	1,15	31,17	0,18	1378
6	47,85	0,21	1,15	30,96	0,18	1365
7	44,95	0,21	1,13	30,61	0,18	1343
8	42,50	0,21	1,12	30,29	0,19	1323
9	41,05	0,21	1,11	30,10	0,19	1310
10	39,88	0,21	1,11	29,93	0,19	1300
11	38,43	0,21	1,10	29,72	0,19	1287
12	36,98	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
13	35,53	0,21	1,08	29,28	0,19	1260
14	33,90	0,21	1,07	29,01	0,19	1244
15	32,45	0,21	1,07	28,77	0,20	1229
16	30,45	0,21	1,05	28,41	0,20	1207
17	27,55	0,21	1,03	27,84	0,20	1173
18	25,30	0,21	1,01	27,36	0,21	1145
19	23,85	0,21	1,00	27,03	0,21	1125
20	21,75	0,21	0,98	26,51	0,21	1095
21	18,85	0,21	0,95	25,70	0,22	1048
22	15,95	0,21	0,92	24,75	0,23	995
23	13,05	0,21	0,87	23,62	0,24	933
24	10,15	0,21	0,82	22,20	0,25	857
25	7,25	0,21	0,75	20,30	0,28	759
26	4,35	0,21	0,64	17,41	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	400	0,40	0,00	4,46E-02	1499,47
2	2 -- 3	4347	3876	5,61	0,76	4,46E-02	1467,51
3	3 -- 4	6434		9,95	17,76	4,45E-02	1370,08
4	4 -- 5	5397	37569	53,96	55,95	4,41E-02	1241,42
5	5 -- 6	1792		59,35	180,88	4,34E-02	1144,81
6	6 -- 7	8993		61,15	222,75	4,30E-02	1114,79
7	7 -- 8	9856		70,14	413,11	4,14E-02	992,21
8	8 -- 9	7319		79,99	630,81	3,93E-02	875,03
9	9 -- 10	3400		87,31	798,53	3,78E-02	797,71
10	10 -- 11	6353		90,71	878,20	3,70E-02	764,23
11	11 -- 12	6596	37700	134,77	1014,34	3,60E-02	711,27
12	12 -- 13	6839		141,36	1214,53	3,49E-02	659,90
13	13 -- 14	7081		148,20	1424,46	3,37E-02	610,19
14	14 -- 15	9154		155,28	1644,49	3,24E-02	562,24
15	15 -- 16	5736	37885	202,32	1933,03	3,08E-02	505,08
16	16 -- 17	15861		208,06	2157,72	2,98E-02	471,85
17	17 -- 18	18625	6796	230,71	2784,08	2,70E-02	389,19
18	18 -- 19	10440		249,34	3480,16	2,44E-02	314,50
19	19 -- 20	8966	8190	267,97	3887,45	2,27E-02	276,81
20	20 -- 21	20782		276,94	4241,64	2,15E-02	248,08
21	21 -- 22	23972		297,72	5074,89	1,86E-02	189,83
22	22 -- 23	25158		321,69	5973,03	1,60E-02	139,54
23	23 -- 24	26344		346,85	6942,40	1,33E-02	96,93
24	24 -- 25	27531		373,19	7986,46	1,07E-02	62,06
25	25 -- 26	28717		400,72	9108,63	7,99E-03	34,93
26	26 -- 27	29903		429,44	10312,36	5,32E-03	15,56
27	27 -- 28	31090		459,34	11601,09	2,65E-03	3,92
28			17319	507,75	12978,27	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	40,0	1,499	2526,62	383,039
2	2 -- 3	434,7	387,6	1,468	11629,69	1709,679
3	3 -- 4	643,4		1,370	8240,97	1096,905
4	4 -- 5	539,7	3756,9	1,241	52069,18	6558,039
5	5 -- 6	179,2		1,145	1985,62	228,680
6	6 -- 7	899,3		1,115	9294,27	998,114
7	7 -- 8	985,6		0,992	9026,88	859,089
8	8 -- 9	731,9		0,875	6004,81	511,950
9	9 -- 10	340,0		0,798	2604,90	207,374
10	10 -- 11	635,3		0,764	4598,05	345,792
11	11 -- 12	659,6	3770,0	0,711	30741,50	2217,295
12	12 -- 13	683,9		0,660	4260,27	275,785
13	13 -- 14	708,1		0,610	4072,23	243,343
14	14 -- 15	915,4		0,562	4792,29	260,699
15	15 -- 16	573,6	3788,5	0,505	21520,38	1103,357
16	16 -- 17	1586,1		0,472	6698,77	293,981
17	17 -- 18	1862,5	679,6	0,389	9023,27	333,507
18	18 -- 19	1044,0		0,315	3027,99	91,258
19	19 -- 20	896,6	819,0	0,277	4532,43	124,511
20	20 -- 21	2078,2		0,248	4463,87	99,632
21	21 -- 22	2397,2		0,190	3872,79	65,015
22	22 -- 23	2515,8		0,140	2918,11	35,172
23	23 -- 24	2634,4		0,097	2054,46	16,648
24	24 -- 25	2753,1		0,062	1309,69	6,474
25	25 -- 26	2871,7		0,035	711,14	1,830
26	26 -- 27	2990,3		0,016	285,68	0,284
27	27 -- 28	3109,0		0,004	59,79	0,012
28			1731,9	0,000	0,00	0,000
				Som	212326	18067

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,55	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	783	0,989	0,716	0,70	548,88	0,71
2 -- 3	199	0,946	2,184	1,96	389,16	2,07
3 -- 4	1517	0,871	2,900	2,20	3336,71	2,53
4 -- 5	245	0,796	2,205	1,40	341,69	1,75
5 -- 6	258	0,753	0,695	0,39	101,71	0,52
6 -- 7	310	0,703	2,900	1,43	443,92	2,04
7 -- 8	340	0,623	2,900	1,12	382,09	1,81
8 -- 9	365	0,558	2,005	0,62	227,69	1,12
9 -- 10	380	0,521	0,895	0,24	92,23	0,47
10 -- 11	3038	0,492	1,450	0,35	1066,40	0,71
11 -- 12	455	0,457	1,450	0,30	137,89	0,66
12 -- 13	472	0,424	1,450	0,26	122,66	0,61
13 -- 14	488	0,391	1,450	0,22	108,23	0,57
14 -- 15	2606	0,356	1,805	0,23	595,81	0,64
15 -- 16	524	0,326	1,095	0,12	60,87	0,36
16 -- 17	781	0,287	2,900	0,24	186,77	0,83
17 -- 18	642	0,235	2,900	0,16	102,55	0,68
18 -- 19	1164	0,197	1,600	0,06	72,43	0,32
19 -- 20	690	0,175	1,300	0,04	27,47	0,23
20 -- 21	717	0,146	2,900	0,06	44,31	0,42
21 -- 22	827	0,110	2,900	0,03	28,92	0,32
22 -- 23	868	0,079	2,900	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	908	0,053	2,900	0,01	7,40	0,15
24 -- 25	949	0,032	2,900	0,00	2,88	0,09
25 -- 26	990	0,017	2,900	0,00	0,81	0,05
26 -- 27	1031	0,006	2,900	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	1669	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	58,00	12,18	8445,25	19,91

m_e = 8445,3 / 12,2 = 693,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,55	Hz
b =	1,25	m
h =	58,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	107,00	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,55

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,072	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,084	
$v_m(z_s)$ =	29,16	m/s
$v_m(z)$ =	32,05	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,82	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,27	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,48	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,22	
R^2 =	1,14	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,45	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,52

$c_s c_d$ = **1,18**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,9	1,63E+06	0,80	0,83	0,66
2	47,7	1,74E+06	0,80	0,83	0,66
3	47,4	1,94E+06	0,80	0,83	0,66
4	47,1	2,14E+06	0,80	0,83	0,66
5	47,0	2,25E+06	0,80	0,83	0,66
6	46,7	2,38E+06	0,80	0,83	0,66
7	46,3	2,59E+06	0,79	0,83	0,66
8	46,0	2,77E+06	0,79	0,83	0,66
9	45,8	2,87E+06	0,79	0,83	0,66
10	45,6	2,95E+06	0,79	0,83	0,66
11	45,4	3,05E+06	0,79	0,83	0,66
12	45,1	3,15E+06	0,79	0,83	0,65
13	44,9	3,25E+06	0,79	0,83	0,65
14	44,6	3,35E+06	0,79	0,83	0,65
15	44,3	3,44E+06	0,79	0,83	0,65
16	43,9	3,56E+06	0,79	0,83	0,65
17	43,3	3,73E+06	0,79	0,83	0,65
18	42,8	3,74E+06	0,79	0,83	0,65
19	42,4	3,93E+06	0,79	0,83	0,65
20	41,8	4,02E+06	0,79	0,83	0,65
21	41,0	4,14E+06	0,78	0,83	0,65
22	39,9	4,24E+06	0,78	0,83	0,65
23	38,6	4,30E+06	0,78	0,83	0,65
24	37,0	4,31E+06	0,78	0,83	0,64
25	34,9	4,23E+06	0,77	0,83	0,64
26	31,5	3,98E+06	0,77	0,83	0,63
27	30,9	4,06E+06	0,77	0,83	0,63

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	57,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 007 (13 - 11 - 2012) Appendix - AA en AA2		
1e traverse - 380C1F1	49,995	1			
1e traverse - 150C1F1	49,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,495	1			
2e traverse - 150C1F2	41,495	1			
3e traverse - 380C1F3	32,995	1			
3e traverse - 150C1F3	32,995	1			
Passieve run	24,500	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	57,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	49,995	4,479
1e traverse - 150C1F1	49,995	3,284
2e traverse - 380C1F2	41,495	4,595
2e traverse - 150C1F2	41,495	3,400
3e traverse - 380C1F3	32,995	4,712
3e traverse - 150C1F3	32,995	3,517
Passieve run	24,500	1,886

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	57,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	49,995	1			
1e traverse - 150C1F1	49,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,495	1			
2e traverse - 150C1F2	41,495	1			
3e traverse - 380C1F3	32,995	1			
3e traverse - 150C1F3	32,995	1			
Passieve run	24,500	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1224	107	1332	0,241	0,086	552	0,771
2	4019	328	4347	0,790	0,262	1762	0,807
3	5999	435	6434	1,174	0,348	2519	0,869
4	5066	331	5397	0,988	0,265	2047	0,928
5	1687	104	1792	0,328	0,083	668	0,961
6	8558	435	8993	1,458	0,348	2902	1,001
7	9421	435	9856	1,600	0,348	3078	1,061
8	7018	301	7319	1,189	0,241	2225	1,110
9	3266	134	3400	0,552	0,107	1018	1,137
10	6136	218	6353	0,923	0,174	1679	1,158
11	6378	218	6596	0,959	0,174	1716	1,183
12	6621	218	6839	0,994	0,174	1751	1,207
13	6864	218	7081	1,029	0,174	1784	1,230
14	8883	271	9154	1,330	0,217	2264	1,254
15	5572	164	5736	0,833	0,131	1395	1,274
16	15426	435	15861	2,302	0,348	3765	1,298
17	18190	435	18625	2,442	0,348	3852	1,328
18	10200	240	10440	1,367	0,192	2101	1,313
19	8771	195	8966	1,174	0,156	1761	1,354
20	20347	435	20782	2,718	0,348	3950	1,362
21	23537	435	23972	2,854	0,348	3951	1,362
22	24723	435	25158	2,989	0,348	3909	1,348
23	25909	435	26344	3,123	0,348	3810	1,314
24	27096	435	27531	3,253	0,348	3632	1,252
25	28282	435	28717	3,377	0,348	3330	1,148
26	29468	435	29903	3,489	0,348	2800	0,965
27	30655	435	31090	3,622	0,348	2795	0,964
	349316	8700	358016	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	67013

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2232	480	480	480	480
2	2 -- 3	2388	4607	4933	19749	6540
3	3 -- 4	2662				
4	4 -- 5	2937	44582	47528	79703	55247
5	5 -- 6	3093				
6	6 -- 7	3721				
7	7 -- 8	4078				
8	8 -- 9	4380				
9	9 -- 10	4559				
10	10 -- 11	5258				
11	11 -- 12	5459	44725	47580	79851	55286
12	12 -- 13	5659				
13	13 -- 14	5860				
14	14 -- 15	6086				
15	15 -- 16	6287	44934	47644	80037	55333
16	16 -- 17	6563				
17	17 -- 18	7707	8155	8155	8155	8155
18	18 -- 19	7830				
19	19 -- 20	8276	9716	10298	40169	13492
20	20 -- 21	8599				
21	21 -- 22	9919				
22	22 -- 23	10410				
23	23 -- 24	10901				
24	24 -- 25	11392				
25	25 -- 26	11883				
26	26 -- 27	12374				
27	27 -- 28	12865				
28			20782	20782	20782	20782

KEMA rapport - bijlage AA - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2428 / 1544 , t = 80 mm ; G = 1732 kg
Flenzen op 29,0m : 2 * rond 1150 / 940 , t = 80 mm ; G = 680 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	771				
2	2 -- 3	807	11116	3582	13309	3651
3	3 -- 4	869				
4	4 -- 5	928	80958	29493	57456	28687
5	5 -- 6	961				
6	6 -- 7	1001				
7	7 -- 8	1061				
8	8 -- 9	1110				
9	9 -- 10	1137				
10	10 -- 11	1158				
11	11 -- 12	1183	75817	28460	54644	27689
12	12 -- 13	1207				
13	13 -- 14	1230				
14	14 -- 15	1254				
15	15 -- 16	1274	69205	27138	51041	26413
16	16 -- 17	1298				
17	17 -- 18	1328				
18	18 -- 19	1313				
19	19 -- 20	1354	15859	5942	20456	6153
20	20 -- 21	1362				
21	21 -- 22	1362				
22	22 -- 23	1348				
23	23 -- 24	1314				
24	24 -- 25	1252				
25	25 -- 26	1148				
26	26 -- 27	965				
27	27 -- 28	964				
28						

KEMA rapport - bijlage AA2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1233				
2	2 -- 3	1291	16012	4779	18887	4934
3	3 -- 4	1390				
4	4 -- 5	1485	115682	38349	79703	37928
5	5 -- 6	1538				
6	6 -- 7	1601				
7	7 -- 8	1698				
8	8 -- 9	1776				
9	9 -- 10	1819				
10	10 -- 11	1853				
11	11 -- 12	1894	108116	36808	75547	36437
12	12 -- 13	1932				
13	13 -- 14	1968				
14	14 -- 15	2006				
15	15 -- 16	2038	98377	34836	70219	34530
16	16 -- 17	2077				
17	17 -- 18	2125				
18	18 -- 19	2101				
19	19 -- 20	2167	22618	7703	28664	8114
20	20 -- 21	2179				
21	21 -- 22	2180				
22	22 -- 23	2157				
23	23 -- 24	2102				
24	24 -- 25	2004				
25	25 -- 26	1837				
26	26 -- 27	1545				
27	27 -- 28	1542				
28						

KEMA rapport - bijlage AA - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	552		0	0,00E+00	6,84E-03	226
2	2 -- 3	1762		552	2,24E+05	6,84E-03	221
3	3 -- 4	2519		2314	3,50E+06	6,82E-03	206
4	4 -- 5	2047		4833	1,49E+07	6,72E-03	187
5	5 -- 6	668		6880	2,86E+07	6,59E-03	172
6	6 -- 7	2902		7548	3,39E+07	6,53E-03	167
7	7 -- 8	3078		10450	6,13E+07	6,29E-03	149
8	8 -- 9	2225		13528	9,74E+07	5,98E-03	131
9	9 -- 10	1018		15753	1,28E+08	5,74E-03	119
10	10 -- 11	1679		16771	1,43E+08	5,63E-03	114
11	11 -- 12	1716		18450	1,69E+08	5,45E-03	106
12	12 -- 13	1751		20166	1,98E+08	5,27E-03	98
13	13 -- 14	1784		21917	2,30E+08	5,07E-03	91
14	14 -- 15	2264		23701	2,64E+08	4,88E-03	84
15	15 -- 16	1395		25964	3,11E+08	4,62E-03	75
16	16 -- 17	3765		27359	3,41E+08	4,46E-03	70
17	17 -- 18	3852		31124	4,28E+08	4,03E-03	58
18	18 -- 19	2101		34976	5,27E+08	3,62E-03	47
19	19 -- 20	1761		37077	5,86E+08	3,37E-03	41
20	20 -- 21	3950		38837	6,37E+08	3,18E-03	37
21	21 -- 22	3951		42787	7,57E+08	2,76E-03	28
22	22 -- 23	3909		46738	8,90E+08	2,37E-03	21
23	23 -- 24	3810		50647	1,03E+09	1,97E-03	14
24	24 -- 25	3632		54458	1,19E+09	1,58E-03	9
25	25 -- 26	3330		58089	1,35E+09	1,18E-03	5
26	26 -- 27	2800		61419	1,53E+09	7,83E-04	2
27	27 -- 28	2795		64219	1,71E+09	3,90E-04	1
28				67013	1,90E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,07E-02	1587
2	2 -- 3		11116	11116	1,97E+05	5,07E-02	1550
3	3 -- 4			11116	2,55E+07	5,06E-02	1440
4	4 -- 5		80958	92074	6,54E+07	5,01E-02	1294
5	5 -- 6			92074	2,75E+08	4,90E-02	1184
6	6 -- 7			92074	3,41E+08	4,85E-02	1150
7	7 -- 8			92074	6,17E+08	4,60E-02	1013
8	8 -- 9			92074	8,94E+08	4,30E-02	884
9	9 -- 10			92074	1,09E+09	4,09E-02	799
10	10 -- 11			92074	1,17E+09	3,99E-02	763
11	11 -- 12		75817	167890	1,31E+09	3,85E-02	706
12	12 -- 13			167890	1,56E+09	3,71E-02	652
13	13 -- 14			167890	1,81E+09	3,56E-02	599
14	14 -- 15			167890	2,07E+09	3,40E-02	548
15	15 -- 16		69205	237095	2,38E+09	3,20E-02	489
16	16 -- 17			237095	2,65E+09	3,08E-02	454
17	17 -- 18			237095	3,35E+09	2,74E-02	370
18	18 -- 19			237095	4,06E+09	2,43E-02	295
19	19 -- 20		15859	252954	4,45E+09	2,23E-02	257
20	20 -- 21			252954	4,78E+09	2,09E-02	229
21	21 -- 22			252954	5,53E+09	1,78E-02	173
22	22 -- 23			252954	6,28E+09	1,50E-02	125
23	23 -- 24			252954	7,03E+09	1,22E-02	86
24	24 -- 25			252954	7,78E+09	9,57E-03	54
25	25 -- 26			252954	8,52E+09	7,03E-03	30
26	26 -- 27			252954	9,26E+09	4,58E-03	13
27	27 -- 28			252954	1,00E+10	2,24E-03	3
28	28 -- 29			252954	1,07E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,85E-02	582
2	2 -- 3		3582	3582	7,18E+04	1,85E-02	569
3	3 -- 4			3582	8,28E+06	1,84E-02	529
4	4 -- 5		29493	33075	2,14E+07	1,83E-02	475
5	5 -- 6			33075	9,67E+07	1,79E-02	436
6	6 -- 7			33075	1,20E+08	1,77E-02	423
7	7 -- 8			33075	2,20E+08	1,68E-02	373
8	8 -- 9			33075	3,19E+08	1,58E-02	326
9	9 -- 10			33075	3,88E+08	1,50E-02	295
10	10 -- 11			33075	4,19E+08	1,46E-02	282
11	11 -- 12		28460	61535	4,70E+08	1,41E-02	261
12	12 -- 13			61535	5,62E+08	1,36E-02	241
13	13 -- 14			61535	6,54E+08	1,31E-02	221
14	14 -- 15			61535	7,46E+08	1,25E-02	203
15	15 -- 16		27138	88673	8,61E+08	1,18E-02	181
16	16 -- 17			88673	9,61E+08	1,14E-02	168
17	17 -- 18			88673	1,22E+09	1,01E-02	137
18	18 -- 19			88673	1,49E+09	8,96E-03	109
19	19 -- 20		5942	94615	1,63E+09	8,26E-03	95
20	20 -- 21			94615	1,76E+09	7,74E-03	85
21	21 -- 22			94615	2,04E+09	6,58E-03	64
22	22 -- 23			94615	2,32E+09	5,54E-03	46
23	23 -- 24			94615	2,60E+09	4,53E-03	32
24	24 -- 25			94615	2,88E+09	3,55E-03	20
25	25 -- 26			94615	3,16E+09	2,61E-03	11
26	26 -- 27			94615	3,43E+09	1,70E-03	5
27	27 -- 28			94615	3,71E+09	8,31E-04	1
28				94615	3,98E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,97E-02	1223
2	2 -- 3		13309	13309	1,54E+05	3,97E-02	1194
3	3 -- 4			13309	3,01E+07	3,95E-02	1108
4	4 -- 5		57456	70765	7,46E+07	3,89E-02	994
5	5 -- 6			70765	2,36E+08	3,80E-02	909
6	6 -- 7			70765	2,86E+08	3,75E-02	883
7	7 -- 8			70765	4,99E+08	3,55E-02	777
8	8 -- 9			70765	7,12E+08	3,31E-02	677
9	9 -- 10			70765	8,59E+08	3,14E-02	612
10	10 -- 11			70765	9,25E+08	3,06E-02	584
11	11 -- 12		54644	125409	1,03E+09	2,95E-02	541
12	12 -- 13			125409	1,22E+09	2,84E-02	499
13	13 -- 14			125409	1,41E+09	2,72E-02	459
14	14 -- 15			125409	1,60E+09	2,60E-02	420
15	15 -- 16		51041	176450	1,83E+09	2,45E-02	374
16	16 -- 17			176450	2,03E+09	2,35E-02	348
17	17 -- 18			176450	2,56E+09	2,10E-02	283
18	18 -- 19			176450	3,08E+09	1,85E-02	226
19	19 -- 20		20456	196906	3,37E+09	1,71E-02	197
20	20 -- 21			196906	3,63E+09	1,60E-02	176
21	21 -- 22			196906	4,22E+09	1,36E-02	133
22	22 -- 23			196906	4,80E+09	1,15E-02	96
23	23 -- 24			196906	5,38E+09	9,38E-03	66
24	24 -- 25			196906	5,96E+09	7,36E-03	42
25	25 -- 26			196906	6,54E+09	5,40E-03	23
26	26 -- 27			196906	7,12E+09	3,52E-03	10
27	27 -- 28			196906	7,69E+09	1,72E-03	3
28				196906	8,26E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,81E-02	569
2	2 -- 3		3651	3651	7,02E+04	1,81E-02	556
3	3 -- 4			3651	8,42E+06	1,80E-02	517
4	4 -- 5		28687	32338	2,17E+07	1,79E-02	465
5	5 -- 6			32338	9,53E+07	1,75E-02	426
6	6 -- 7			32338	1,18E+08	1,73E-02	414
7	7 -- 8			32338	2,16E+08	1,64E-02	365
8	8 -- 9			32338	3,13E+08	1,54E-02	318
9	9 -- 10			32338	3,80E+08	1,46E-02	288
10	10 -- 11			32338	4,10E+08	1,43E-02	275
11	11 -- 12		27689	60028	4,60E+08	1,38E-02	255
12	12 -- 13			60028	5,50E+08	1,33E-02	235
13	13 -- 14			60028	6,39E+08	1,28E-02	216
14	14 -- 15			60028	7,29E+08	1,22E-02	198
15	15 -- 16		26413	86441	8,42E+08	1,15E-02	177
16	16 -- 17			86441	9,39E+08	1,11E-02	164
17	17 -- 18			86441	1,20E+09	9,89E-03	134
18	18 -- 19			86441	1,45E+09	8,76E-03	107
19	19 -- 20		6153	92593	1,60E+09	8,07E-03	93
20	20 -- 21			92593	1,72E+09	7,56E-03	83
21	21 -- 22			92593	1,99E+09	6,43E-03	63
22	22 -- 23			92593	2,27E+09	5,42E-03	45
23	23 -- 24			92593	2,54E+09	4,43E-03	31
24	24 -- 25			92593	2,81E+09	3,47E-03	20
25	25 -- 26			92593	3,09E+09	2,55E-03	11
26	26 -- 27			92593	3,36E+09	1,66E-03	5
27	27 -- 28			92593	3,63E+09	8,13E-04	1
28				92593	3,90E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,89E-03	113
2	2 -- 3				-5,66E+06	4,89E-03	110
3	3 -- 4				-5,66E+06	4,96E-03	99
4	4 -- 5				1,04E+08	5,03E-03	84
5	5 -- 6				1,04E+08	4,35E-03	74
6	6 -- 7				1,04E+08	4,17E-03	71
7	7 -- 8				1,04E+08	3,62E-03	60
8	8 -- 9				1,04E+08	3,21E-03	50
9	9 -- 10				1,04E+08	2,99E-03	44
10	10 -- 11				1,04E+08	2,90E-03	41
11	11 -- 12				2,17E+08	2,78E-03	37
12	12 -- 13				2,17E+08	2,56E-03	33
13	13 -- 14				2,17E+08	2,37E-03	29
14	14 -- 15				2,17E+08	2,19E-03	26
15	15 -- 16				3,33E+08	2,00E-03	22
16	16 -- 17				3,33E+08	1,83E-03	20
17	17 -- 18				3,33E+08	1,46E-03	16
18	18 -- 19				3,33E+08	1,17E-03	12
19	19 -- 20				3,18E+08	1,02E-03	10
20	20 -- 21				3,18E+08	9,24E-04	9
21	21 -- 22				3,18E+08	7,30E-04	6
22	22 -- 23				3,18E+08	5,78E-04	4
23	23 -- 24				3,18E+08	4,47E-04	3
24	24 -- 25				3,18E+08	3,33E-04	2
25	25 -- 26				3,18E+08	2,34E-04	1
26	26 -- 27				3,18E+08	1,46E-04	0
27	27 -- 28				3,18E+08	6,87E-05	0
28					3,18E+08	0,00E+00	0

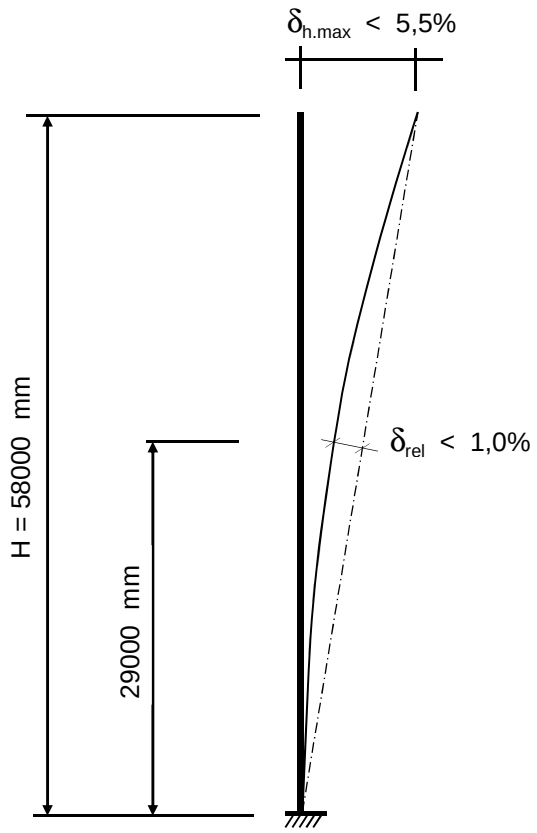
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,2E-02	1926
2	2 -- 3	6,2E-02	1881
3	3 -- 4	6,2E-02	1745
4	4 -- 5	6,2E-02	1565
5	5 -- 6	6,0E-02	1430
6	6 -- 7	5,9E-02	1389
7	7 -- 8	5,6E-02	1222
8	8 -- 9	5,2E-02	1064
9	9 -- 10	5,0E-02	962
10	10 -- 11	4,8E-02	918
11	11 -- 12	4,7E-02	849
12	12 -- 13	4,5E-02	783
13	13 -- 14	4,3E-02	719
14	14 -- 15	4,1E-02	658
15	15 -- 16	3,9E-02	586
16	16 -- 17	3,7E-02	545
17	17 -- 18	3,3E-02	443
18	18 -- 19	2,9E-02	353
19	19 -- 20	2,7E-02	308
20	20 -- 21	2,5E-02	275
21	21 -- 22	2,1E-02	207
22	22 -- 23	1,8E-02	150
23	23 -- 24	1,5E-02	103
24	24 -- 25	1,1E-02	65
25	25 -- 26	8,4E-03	36
26	26 -- 27	5,5E-03	16
27	27 -- 28	2,7E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1926 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 3,32 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 17 ; Hoogte = 29000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 443 mm
α = 1,90 graden

δ_{rel} = 520 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 0,90 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	828	480	0	0,00E+00	1,06E-02	351
2	2 -- 3	2644	6686	883	3,16E+05	1,06E-02	344
3	3 -- 4	3779	11902	3703	5,32E+06	1,06E-02	321
4	4 -- 5	3070	64204	7733	2,19E+07	1,04E-02	290
5	5 -- 6	1002	70680	11008	4,26E+07	1,02E-02	267
6	6 -- 7	4353	72830	12077	5,06E+07	1,01E-02	260
7	7 -- 8	4617	83622	16720	9,23E+07	9,75E-03	232
8	8 -- 9	3338	95449	21645	1,48E+08	9,28E-03	204
9	9 -- 10	1526	104232	25205	1,95E+08	8,91E-03	186
10	10 -- 11	2519	108312	26833	2,18E+08	8,73E-03	178
11	11 -- 12	2574	160661	29520	2,59E+08	8,46E-03	165
12	12 -- 13	2626	168576	32266	3,04E+08	8,18E-03	153
13	13 -- 14	2676	176782	35067	3,53E+08	7,89E-03	142
14	14 -- 15	3395	185280	37921	4,06E+08	7,58E-03	130
15	15 -- 16	2092	241198	41543	4,77E+08	7,19E-03	117
16	16 -- 17	5648	248082	43775	5,24E+08	6,94E-03	109
17	17 -- 18	5778	275270	49799	6,60E+08	6,27E-03	90
18	18 -- 19	3151	297620	55962	8,13E+08	5,64E-03	73
19	19 -- 20	2641	319865	59323	9,05E+08	5,26E-03	64
20	20 -- 21	5925	330624	62140	9,84E+08	4,97E-03	57
21	21 -- 22	5926	355562	68460	1,17E+09	4,31E-03	44
22	22 -- 23	5864	384328	74781	1,38E+09	3,70E-03	32
23	23 -- 24	5715	414517	81036	1,61E+09	3,09E-03	22
24	24 -- 25	5448	446130	87132	1,85E+09	2,47E-03	14
25	25 -- 26	4994	479167	92943	2,11E+09	1,85E-03	8
26	26 -- 27	4199	513628	98270	2,39E+09	1,23E-03	4
27	27 -- 28	4192	549511	102750	2,68E+09	6,12E-04	1
28			607601	107221	2,99E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,02E-02	2201
2	2 -- 3		16012	16012	0,00E+00	7,02E-02	2150
3	3 -- 4			16012	3,50E+07	7,00E-02	1997
4	4 -- 5		115682	131695	8,14E+07	6,93E-02	1795
5	5 -- 6			131695	3,72E+08	6,79E-02	1643
6	6 -- 7			131695	4,63E+08	6,71E-02	1596
7	7 -- 8			131695	8,45E+08	6,37E-02	1406
8	8 -- 9			131695	1,23E+09	5,96E-02	1227
9	9 -- 10			131695	1,49E+09	5,67E-02	1110
10	10 -- 11			131695	1,61E+09	5,53E-02	1060
11	11 -- 12		108116	239811	1,80E+09	5,34E-02	982
12	12 -- 13			239811	2,15E+09	5,14E-02	905
13	13 -- 14			239811	2,50E+09	4,93E-02	832
14	14 -- 15			239811	2,84E+09	4,72E-02	762
15	15 -- 16		98377	338188	3,28E+09	4,45E-02	680
16	16 -- 17			338188	3,65E+09	4,28E-02	632
17	17 -- 18			338188	4,63E+09	3,81E-02	514
18	18 -- 19			338188	5,61E+09	3,37E-02	410
19	19 -- 20		22618	360807	6,15E+09	3,11E-02	358
20	20 -- 21			360807	6,62E+09	2,91E-02	319
21	21 -- 22			360807	7,66E+09	2,47E-02	241
22	22 -- 23			360807	8,71E+09	2,08E-02	175
23	23 -- 24			360807	9,76E+09	1,70E-02	120
24	24 -- 25			360807	1,08E+10	1,33E-02	76
25	25 -- 26			360807	1,18E+10	9,80E-03	42
26	26 -- 27			360807	1,29E+10	6,39E-03	18
27	27 -- 28			360807	1,39E+10	3,13E-03	5
28				360807	1,50E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,33E-02	734
2	2 -- 3		4779	4779	0,00E+00	2,33E-02	718
3	3 -- 4			4779	1,04E+07	2,32E-02	667
4	4 -- 5		38349	43128	2,43E+07	2,30E-02	600
5	5 -- 6			43128	1,19E+08	2,25E-02	550
6	6 -- 7			43128	1,49E+08	2,23E-02	534
7	7 -- 8			43128	2,74E+08	2,12E-02	471
8	8 -- 9			43128	4,00E+08	1,98E-02	411
9	9 -- 10			43128	4,86E+08	1,89E-02	372
10	10 -- 11			43128	5,25E+08	1,85E-02	356
11	11 -- 12		36808	79936	5,87E+08	1,78E-02	329
12	12 -- 13			79936	7,03E+08	1,72E-02	304
13	13 -- 14			79936	8,19E+08	1,65E-02	279
14	14 -- 15			79936	9,35E+08	1,58E-02	256
15	15 -- 16		34836	114773	1,08E+09	1,49E-02	228
16	16 -- 17			114773	1,20E+09	1,43E-02	212
17	17 -- 18			114773	1,54E+09	1,28E-02	173
18	18 -- 19			114773	1,87E+09	1,13E-02	138
19	19 -- 20		7703	122476	2,05E+09	1,04E-02	121
20	20 -- 21			122476	2,21E+09	9,78E-03	107
21	21 -- 22			122476	2,57E+09	8,32E-03	81
22	22 -- 23			122476	2,92E+09	7,01E-03	59
23	23 -- 24			122476	3,28E+09	5,73E-03	40
24	24 -- 25			122476	3,63E+09	4,49E-03	25
25	25 -- 26			122476	3,99E+09	3,30E-03	14
26	26 -- 27			122476	4,34E+09	2,15E-03	6
27	27 -- 28			122476	4,70E+09	1,05E-03	2
28				122476	5,05E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,35E-02	1650
2	2 -- 3		18887	18887	0,00E+00	5,35E-02	1612
3	3 -- 4			18887	4,13E+07	5,33E-02	1495
4	4 -- 5		79703	98591	9,60E+07	5,25E-02	1341
5	5 -- 6			98591	3,13E+08	5,12E-02	1227
6	6 -- 7			98591	3,82E+08	5,06E-02	1191
7	7 -- 8			98591	6,68E+08	4,78E-02	1049
8	8 -- 9			98591	9,54E+08	4,46E-02	914
9	9 -- 10			98591	1,15E+09	4,23E-02	827
10	10 -- 11			98591	1,24E+09	4,13E-02	790
11	11 -- 12		75547	174137	1,38E+09	3,98E-02	731
12	12 -- 13			174137	1,64E+09	3,83E-02	674
13	13 -- 14			174137	1,89E+09	3,67E-02	620
14	14 -- 15			174137	2,14E+09	3,51E-02	568
15	15 -- 16		70219	244356	2,45E+09	3,30E-02	506
16	16 -- 17			244356	2,72E+09	3,18E-02	471
17	17 -- 18			244356	3,43E+09	2,83E-02	383
18	18 -- 19			244356	4,14E+09	2,51E-02	306
19	19 -- 20		28664	273020	4,53E+09	2,31E-02	267
20	20 -- 21			273020	4,89E+09	2,17E-02	238
21	21 -- 22			273020	5,68E+09	1,84E-02	180
22	22 -- 23			273020	6,47E+09	1,55E-02	130
23	23 -- 24			273020	7,26E+09	1,27E-02	89
24	24 -- 25			273020	8,05E+09	9,97E-03	57
25	25 -- 26			273020	8,84E+09	7,32E-03	31
26	26 -- 27			273020	9,64E+09	4,78E-03	14
27	27 -- 28			273020	1,04E+10	2,34E-03	3
28				273020	1,12E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,31E-02	730
2	2 -- 3		4934	4934	0,00E+00	2,31E-02	713
3	3 -- 4			4934	1,08E+07	2,31E-02	663
4	4 -- 5		37928	42862	2,51E+07	2,29E-02	596
5	5 -- 6			42862	1,20E+08	2,24E-02	546
6	6 -- 7			42862	1,49E+08	2,22E-02	531
7	7 -- 8			42862	2,74E+08	2,11E-02	468
8	8 -- 9			42862	3,98E+08	1,97E-02	409
9	9 -- 10			42862	4,84E+08	1,88E-02	370
10	10 -- 11			42862	5,22E+08	1,83E-02	353
11	11 -- 12		36437	79299	5,84E+08	1,77E-02	327
12	12 -- 13			79299	6,99E+08	1,71E-02	302
13	13 -- 14			79299	8,14E+08	1,64E-02	278
14	14 -- 15			79299	9,29E+08	1,57E-02	255
15	15 -- 16		34530	113829	1,07E+09	1,48E-02	227
16	16 -- 17			113829	1,20E+09	1,42E-02	211
17	17 -- 18			113829	1,53E+09	1,27E-02	172
18	18 -- 19			113829	1,86E+09	1,12E-02	137
19	19 -- 20		8114	121944	2,04E+09	1,04E-02	120
20	20 -- 21			121944	2,20E+09	9,72E-03	107
21	21 -- 22			121944	2,55E+09	8,27E-03	81
22	22 -- 23			121944	2,91E+09	6,97E-03	59
23	23 -- 24			121944	3,26E+09	5,70E-03	40
24	24 -- 25			121944	3,61E+09	4,47E-03	25
25	25 -- 26			121944	3,97E+09	3,28E-03	14
26	26 -- 27			121944	4,32E+09	2,14E-03	6
27	27 -- 28			121944	4,67E+09	1,05E-03	2
28				121944	5,03E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,80E-03	134
2	2 -- 3				-6,72E+06	5,80E-03	130
3	3 -- 4				-6,72E+06	5,89E-03	117
4	4 -- 5				1,24E+08	5,96E-03	100
5	5 -- 6				1,24E+08	5,16E-03	88
6	6 -- 7				1,24E+08	4,95E-03	84
7	7 -- 8				1,24E+08	4,30E-03	71
8	8 -- 9				1,24E+08	3,81E-03	59
9	9 -- 10				1,24E+08	3,54E-03	52
10	10 -- 11				1,24E+08	3,44E-03	49
11	11 -- 12				2,58E+08	3,30E-03	44
12	12 -- 13				2,58E+08	3,04E-03	39
13	13 -- 14				2,58E+08	2,81E-03	35
14	14 -- 15				2,58E+08	2,60E-03	31
15	15 -- 16				3,95E+08	2,37E-03	27
16	16 -- 17				3,95E+08	2,18E-03	24
17	17 -- 18				3,95E+08	1,73E-03	18
18	18 -- 19				3,95E+08	1,39E-03	14
19	19 -- 20				3,77E+08	1,21E-03	12
20	20 -- 21				3,77E+08	1,10E-03	10
21	21 -- 22				3,77E+08	8,66E-04	7
22	22 -- 23				3,77E+08	6,85E-04	5
23	23 -- 24				3,77E+08	5,30E-04	3
24	24 -- 25				3,77E+08	3,95E-04	2
25	25 -- 26				3,77E+08	2,77E-04	1
26	26 -- 27				3,77E+08	1,73E-04	0
27	27 -- 28				3,77E+08	8,15E-05	0
28					3,77E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)**	
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	21,83	19,14	28,73
3	3 -- 4	27,04	19,93	33,57
4	4 -- 5	114,47	139,43	306,59
5	5 -- 6	120,94	142,70	538,09
6	6 -- 7	123,09	143,77	637,64
7	7 -- 8	133,88	148,41	1061,32
8	8 -- 9	145,71	153,34	1498,86
9	9 -- 10	154,49	156,90	1809,87
10	10 -- 11	158,57	158,53	1951,03
11	11 -- 12	246,05	269,33	2316,84
12	12 -- 13	253,96	272,08	2709,36
13	13 -- 14	262,17	274,88	3105,91
14	14 -- 15	270,67	277,73	3506,55
15	15 -- 16	361,69	379,73	4148,89
16	16 -- 17	368,57	381,96	4565,92
17	17 -- 18	395,76	387,99	5682,35
18	18 -- 19	418,11	394,15	6816,45
19	19 -- 20	470,81	420,13	7431,46
20	20 -- 21	481,57	422,95	7979,46
21	21 -- 22	506,51	429,27	9215,17
22	22 -- 23	535,27	435,59	10469,21
23	23 -- 24	565,46	441,84	11741,48
24	24 -- 25	597,07	447,94	13031,66
25	25 -- 26	630,11	453,75	14339,11
26	26 -- 27	664,57	459,08	15662,71
27	27 -- 28	700,45	463,56	17000,53
28		758,54	468,03	18351,32

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 952	28,73	21,83	45	29,7	967,9	0,03
2	500 / 952	33,57	27,04	136	38,2	1201,1	0,03
3	500 / 952	306,59	114,47	180	331,9	1549,6	0,23
4	500 / 952	538,09	120,94	135	579,7	1844,3	0,33
5	500 / 952	637,64	123,09	41	684,3	1942,5	0,36
6	952 / 1103	1061,32	133,88	167	1130,4	2699,4	0,43
7	952 / 1103	1498,86	145,71	157	1590,8	3247,9	0,50
8	952 / 1103	1809,87	154,49	102	1917,6	3656,7	0,53
9	952 / 1103	1951,03	158,57	44	2065,7	3847,1	0,55
10	1103 / 1254	2316,84	246,05	69	2448,5	4657,9	0,54
11	1103 / 1254	2709,36	253,96	66	2857,9	5029,5	0,58
12	1103 / 1254	3105,91	262,17	64	3271,2	5415,4	0,62
13	1103 / 1254	3506,55	270,67	61	3688,3	5815,5	0,65
14	1103 / 1254	4148,89	361,69	72	4356,7	6333,5	0,70
15	1103 / 1254	4565,92	368,57	41	4789,0	6658,5	0,74
16	1103 / 1254	5682,35	395,76	102	5945,7	7558,6	0,80
17	1254/ 1480	6816,45	418,11	90	7117,5	9419,1	0,77
18	1254/ 1480	7431,46	470,81	45	7753,5	10031,6	0,79
19	1254/ 1480	7979,46	481,57	34	8317,7	10543,5	0,80
20	1254/ 1480	9215,17	506,51	67	9587,5	11731,3	0,83
21	1480/ 2008	10469,21	535,27	57	10872,0	14225,5	0,78
22	1480/ 2008	11741,48	565,46	47	12171,0	15668,8	0,79
23	1480/ 2008	13031,66	597,07	38	13483,8	17181,8	0,80
24	1480/ 2008	14339,11	630,11	29	14809,5	18764,6	0,80
25	1480/ 2008	15662,71	664,57	20	16146,6	20417,1	0,81
26	1480/ 2008	17000,53	700,45	12	17492,8	22139,4	0,81
27	1480/ 2008	18351,32	758,54	4	18846,6	23931,4	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	14,0	37,04	0,81	355	355
575	14,0	41,10	0,81	355	355
651	14,0	46,49	0,81	355	355
708	14,0	50,58	0,81	355	355
726	14,0	51,87	0,81	355	355
802	16,0	50,10	0,81	355	355
877	16,0	54,81	0,81	355	355
929	16,0	58,07	0,81	355	355
952	16,0	59,52	0,81	355	355
990	18,0	55,01	0,81	355	355
1028	18,0	57,10	0,81	355	355
1066	18,0	59,19	0,81	355	355
1103	18,0	61,29	0,81	348	355
1150	18,0	63,90	0,81	338	355
1179	18,0	65,48	0,81	333	355
1254	18,0	69,67	0,81	319	355
1329	20,0	66,47	0,81	329	355
1371	20,0	68,55	0,81	322	355
1405	20,0	70,24	0,81	317	355
1480	20,0	74,01	0,81	307	355
1556	22,0	70,71	0,81	316	355
1631	22,0	74,14	0,81	306	355
1706	22,0	77,56	0,81	297	355
1782	22,0	80,99	0,81	289	355
1857	22,0	84,42	0,81	282	355
1933	22,0	87,85	0,81	275	355
2008	22,0	91,27	0,81	269	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 952	11,31	1,00	355	355	0,03
2	500 / 952	12,55	1,15	355	355	0,04
3	500 / 952	86,01	4,34	355	355	0,25
4	500 / 952	121,49	4,13	355	355	0,35
5	500 / 952	128,32	3,98	355	355	0,37
6	952 / 1103	164,18	3,56	355	355	0,47
7	952 / 1103	190,32	3,52	355	355	0,55
8	952 / 1103	197,36	3,46	355	355	0,57
9	952 / 1103	195,49	3,41	355	355	0,56
10	1103 / 1254	194,13	4,56	355	355	0,56
11	1103 / 1254	209,54	4,53	355	355	0,60
12	1103 / 1254	222,44	4,51	355	355	0,64
13	1103 / 1254	233,25	4,49	355	348	0,67
14	1103 / 1254	254,73	5,77	355	338	0,73
15	1103 / 1254	261,76	5,69	355	333	0,75
16	1103 / 1254	297,23	5,84	355	319	0,86
17	1254/ 1480	284,51	5,23	355	329	0,82
18	1254/ 1480	299,97	5,80	355	322	0,86
19	1254/ 1480	287,07	5,60	355	317	0,83
20	1254/ 1480	305,81	5,67	355	307	0,88
21	1480/ 2008	285,26	5,18	355	316	0,82
22	1480/ 2008	289,23	5,21	355	306	0,83
23	1480/ 2008	291,58	5,25	355	297	0,84
24	1480/ 2008	292,65	5,29	355	289	0,84
25	1480/ 2008	292,72	5,35	355	282	0,84
26	1480/ 2008	291,96	5,41	355	275	0,84
27	1480/ 2008	290,56	5,63	355	269	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

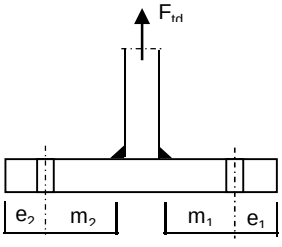
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

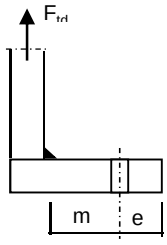
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

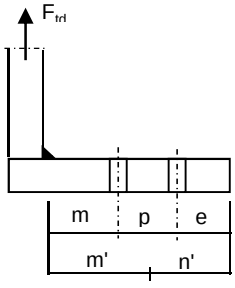
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	565,67	7,31	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 29,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1060,00					
1060,00	28	751,68	13,86	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,71

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2258,00	1714,00	118,2	85,0	85,0			168,3
2258,00	1714,00	118,2	85,0	85,0			221,7
flenzen op 29,0 m hoogte.							
1060,00	1060,0	70,2	60,0	60,0			118,9
1060,00	1060,0	72,2	60,0	60,0			118,9

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	9,02E+07	3051,93	1597,46	1696,90	1597,46	1131,34	0,71
80	1,19E+08	4020,57	1879,20	1696,90	1696,90	1131,34	0,67
flenzen op 29,0 m hoogte.							
80	6,37E+07	1815,86	978,26	1060,56	978,26	751,68	0,77
80	6,37E+07	1765,57	963,46	1060,56	963,46	751,68	0,78
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 /1930	0,55	1,254	0,18	3,80

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1499	1,000		1,000			
2	1468	0,979	1 -- 2	0,989	133	428	783,2
3	1370	0,914	2 -- 3	0,946	435		199,0
4	1241	0,828	3 -- 4	0,871	643	3757	1517,3
5	1145	0,763	4 -- 5	0,796	540		244,8
6	1115	0,743	5 -- 6	0,753	179		257,8
7	992	0,662	6 -- 7	0,703	899		310,1
8	875	0,584	7 -- 8	0,623	986		339,9
9	798	0,532	8 -- 9	0,558	732		365,0
10	764	0,510	9 -- 10	0,521	340		379,9
11	711	0,474	10 -- 11	0,492	635	3770	3038,1
12	660	0,440	11 -- 12	0,457	660		454,9
13	610	0,407	12 -- 13	0,424	684		471,6
14	562	0,375	13 -- 14	0,391	708		488,4
15	505	0,337	14 -- 15	0,356	915	3788	2606,0
16	472	0,315	15 -- 16	0,326	574		523,9
17	389	0,260	16 -- 17	0,287	1586	680	781,3
18	315	0,210	17 -- 18	0,235	1862		642,2
19	277	0,185	18 -- 19	0,197	1044	819	1164,4
20	248	0,165	19 -- 20	0,175	897		689,7
21	190	0,127	20 -- 21	0,146	2078		716,6
22	140	0,093	21 -- 22	0,110	2397		826,6
23	97	0,065	22 -- 23	0,079	2516		867,5
24	62	0,041	23 -- 24	0,053	2634		908,4
25	35	0,023	24 -- 25	0,032	2753		949,3
26	16	0,010	25 -- 26	0,017	2872		990,2
27	4	0,003	26 -- 27	0,006	2990		1031,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3109	1732	1669,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	783	0,989	0,716	0,70	548,88	0,71
2 -- 3	199	0,946	2,184	1,96	389,16	2,07
3 -- 4	1517	0,871	2,900	2,20	3336,71	2,53
4 -- 5	245	0,796	2,205	1,40	341,69	1,75
5 -- 6	258	0,753	0,695	0,39	101,71	0,52
6 -- 7	310	0,703	2,900	1,43	443,92	2,04
7 -- 8	340	0,623	2,900	1,12	382,09	1,81
8 -- 9	365	0,558	2,005	0,62	227,69	1,12
9 -- 10	380	0,521	0,895	0,24	92,23	0,47
10 -- 11	3038	0,492	1,450	0,35	1066,40	0,71
11 -- 12	455	0,457	1,450	0,30	137,89	0,66
12 -- 13	472	0,424	1,450	0,26	122,66	0,61
13 -- 14	488	0,391	1,450	0,22	108,23	0,57
14 -- 15	2606	0,356	1,805	0,23	595,81	0,64
15 -- 16	524	0,326	1,095	0,12	60,87	0,36
16 -- 17	781	0,287	2,900	0,24	186,77	0,83
17 -- 18	642	0,235	2,900	0,16	102,55	0,68
18 -- 19	1164	0,197	1,600	0,06	72,43	0,32
19 -- 20	690	0,175	1,300	0,04	27,47	0,23
20 -- 21	717	0,146	2,900	0,06	44,31	0,42
21 -- 22	827	0,110	2,900	0,03	28,92	0,32
22 -- 23	868	0,079	2,900	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	908	0,053	2,900	0,01	7,40	0,15
24 -- 25	949	0,032	2,900	0,00	2,88	0,09
25 -- 26	990	0,017	2,900	0,00	0,81	0,05
26 -- 27	1031	0,006	2,900	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	1669	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	58,00	12,18	8445,25	19,91

m_e = 8445,3 / 12,2 = 693,6 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 /1930	693,6	0,030	1,25	1,254	21,2

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 21,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,91 / (4 * π * 12,18) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,254 * 3,80 / $15*10^{-6}$ = 3,2E+05

C_{lat} = 0,64

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 7,52 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,67 / 19,91 = 0,34

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,047 * 0,130 * 0,34 * 0,64369² = 0,041

$y_{F;max}$ = 1,254 * 0,041 = 0,051 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		74669	74669	0,00E+00	4,5E-02	1000
2	2 -- 3			74669	5,35E+07	4,5E-02	967
3	3 -- 4			74669	2,17E+08	4,4E-02	870
4	4 -- 5			74669	4,33E+08	4,0E-02	748
5	5 -- 6			74669	5,98E+08	3,7E-02	664
6	6 -- 7			74669	6,50E+08	3,5E-02	639
7	7 -- 8			74669	8,66E+08	3,1E-02	541
8	8 -- 9			74669	1,08E+09	2,8E-02	455
9	9 -- 10			74669	1,23E+09	2,5E-02	402
10	10 -- 11			74669	1,30E+09	2,4E-02	380
11	11 -- 12			74669	1,41E+09	2,3E-02	347
12	12 -- 13			74669	1,52E+09	2,1E-02	315
13	13 -- 14			74669	1,62E+09	2,0E-02	285
14	14 -- 15			74669	1,73E+09	1,8E-02	258
15	15 -- 16			74669	1,87E+09	1,7E-02	226
16	16 -- 17			74669	1,95E+09	1,6E-02	209
17	17 -- 18			74669	2,17E+09	1,3E-02	166
18	18 -- 19			74669	2,38E+09	1,1E-02	130
19	19 -- 20			74669	2,50E+09	1,0E-02	113
20	20 -- 21			74669	2,60E+09	9,6E-03	100
21	21 -- 22			74669	2,82E+09	7,9E-03	74
22	22 -- 23			74669	3,03E+09	6,5E-03	53
23	23 -- 24			74669	3,25E+09	5,2E-03	36
24	24 -- 25			74669	3,46E+09	4,0E-03	23
25	25 -- 26			74669	3,68E+09	2,9E-03	12
26	26 -- 27			74669	3,90E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			74669	4,11E+09	9,1E-04	1
28	28 -- 29			74669	4,33E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	14,0	2726398	20	0,0513	2,0
2	575	14,0	3383259	64	0,0513	6,6
3	651	14,0	4365052	99	0,0513	10,2
4	708	14,0	5195221	115	0,0513	11,8
5	726	14,0	5471865	119	0,0513	12,2
6	802	16,0	7603905	114	0,0513	11,7
7	877	16,0	9148917	118	0,0513	12,1
8	929	16,0	10300648	120	0,0513	12,3
9	952	16,0	10836810	120	0,0513	12,3
10	990	18,0	13120943	107	0,0513	11,0
11	1028	18,0	14167651	107	0,0513	11,0
12	1066	18,0	15254545	106	0,0513	10,9
13	1103	18,0	16381624	106	0,0513	10,9
14	1150	18,0	17840792	105	0,0513	10,7
15	1179	18,0	18756340	104	0,0513	10,7
16	1254	18,0	21291799	102	0,0513	10,4
17	1329	20,0	26532766	90	0,0513	9,2
18	1371	20,0	28258144	89	0,0513	9,1
19	1405	20,0	29700046	87	0,0513	9,0
20	1480	20,0	33045930	85	0,0513	8,7
21	1556	22,0	40071933	76	0,0513	7,8
22	1631	22,0	44137519	74	0,0513	7,6
23	1706	22,0	48399569	72	0,0513	7,3
24	1782	22,0	52858084	70	0,0513	7,1
25	1857	22,0	57513063	68	0,0513	7,0
26	1933	22,0	62364506	66	0,0513	6,8
27	2008	22,0	67412414	64	0,0513	6,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,55 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,80 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 54,238 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,7 m/s

V_o = 31,7 * 20 / 100 = 6,33 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,55 * [3,80 / 6,33]^2 * \exp[-(3,80 / 6,33)^2]$ = 1,32E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

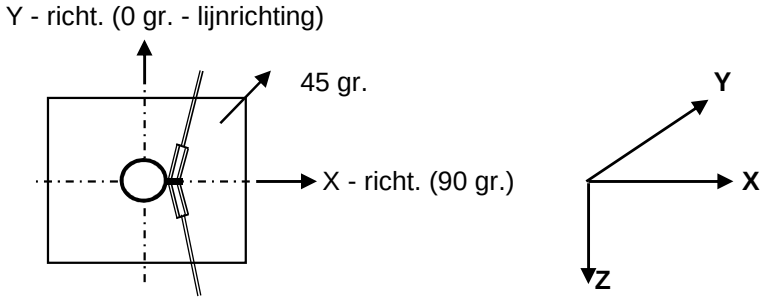
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	aantal	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		span.wissl.	< 1
3	Lasnaad	7,88	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
4	Lasnaad	12,22	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
5							
6	Lasnaad	14,62	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
7	Lasnaad	14,03	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
8	Lasnaad	14,57	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
9							
10	Lasnaad	14,76	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
11							
12	Lasnaad	13,18	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
13							
14	Lasnaad	13,02	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
15							
16	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
17	flenzen	12,52	35	19,25	1,000E+10	1,32E+08	0,01
18	Lasnaad	11,06	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
19							
20	Lasnaad	10,77	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
21	Lasnaad	10,49	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
22	Lasnaad	9,32	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
23	Lasnaad	9,06	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
24	Lasnaad	8,82	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
25	Lasnaad	8,58	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
26	Lasnaad	8,35	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
27	Lasnaad	8,12	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
28	voetplaat	7,91	35	19,25	1,000E+10	1,32E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			459			
2 - Windbelasting mast	107				2985	
3 - Belasting geval 1a	361		149		15366	
4 - Belasting geval 1b	122		158		5456	
5 - Belasting geval 3	273		300		11833	
6 - Belasting geval 4	122		186		5489	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	468		**608**		**18351**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	143		617		6016	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	303		759		12672	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	142		645		6049	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	12687	kNm	18351	kNm	18351	kNm
Dwarskracht	320	kN	468	kN	468	kN
Verticale kracht	508	kN	608	kN	457	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	565,67	7,31	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	391,32	5,00	28	M 48 - 8,8	848,45	0,46

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 565,7 kN

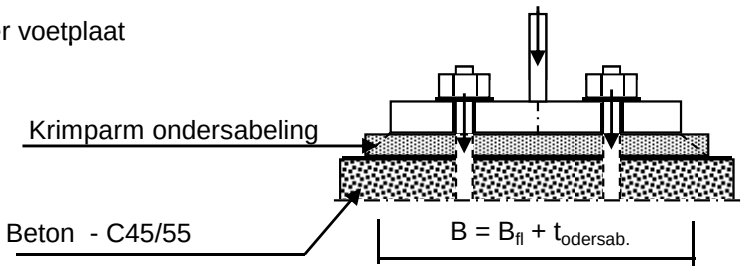
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 391,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 587,0 + 1,00 * 391,3 = 978,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

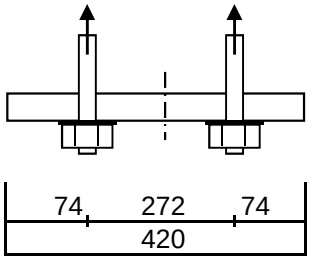
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	442,0	mm	D =	1986	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	64	
B =	482,0	mm			

A_{voetpl} = 482 * 2*π*D / n = 93978 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

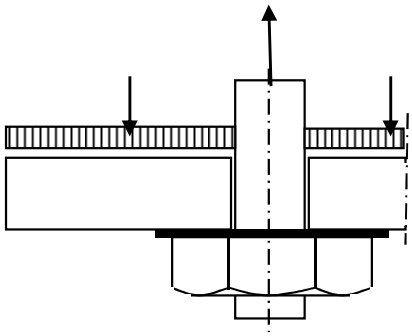


D = 1986 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 420 * $2*\pi*D / n$ = 81890 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 74 mm
L_{veld} = 272 mm

t = 35 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 37827 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1879 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 89938 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 89938 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1879 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 108719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 7174 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 89938 / 108718,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 293,7 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1879 / 7174 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 53,7 N/mm^2

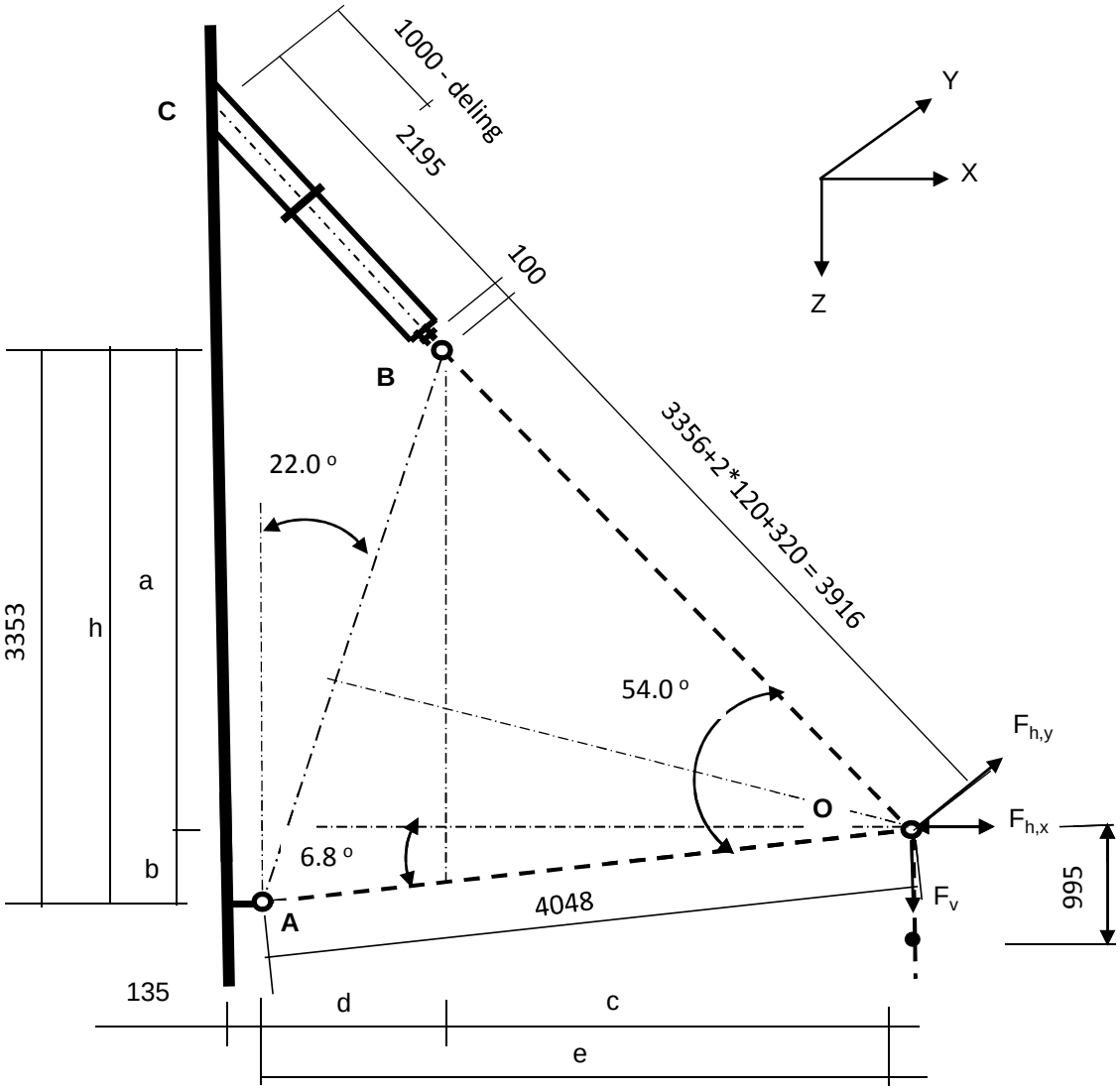
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (293,7^2 + 3*53,7^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 308 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	46273	258559	17833	46273	-258559	17833
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	31881	265134	31881	31881	-265134	31881
BG 1a - (+wind (45 gr))	28035	192197	18290	28035	-192197	18290
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	21964	246866	32206	21964	-246866	32206

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	35666	±	92546	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63762	±	63763	0
BG 1a - (wind (45 gr))	36581	±	56070	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	64411	±	43928	0

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	53,6	0,00	-6,4	38,9	0,00	42,1
BG 1a - (-wind (90 gr))	-113,1	0,00	13,5	20,5	0,00	22,2
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,2	0,00	-0,5	59,5	0,00	64,3
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-110,6	0,00	13,2	46,8	0,00	50,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	20,0	0,00	-2,4	36,1	0,00	39,0
BG 1a - (-wind (45 gr))	-81,0	0,00	9,7	24,9	0,00	26,9
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,2	0,00	1,7	58,1	0,00	62,7
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-93,3	0,00	11,1	49,3	0,00	53,3

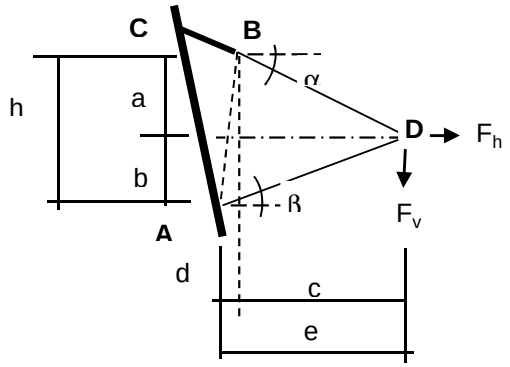
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

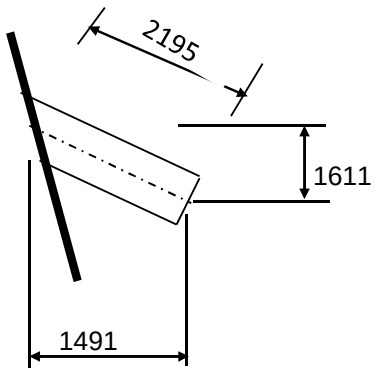
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,95	0,00	42,06	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,54	0,00	22,18	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	59,51	0,00	64,27	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	46,83	0,00	50,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	36,08	0,00	38,96	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	24,93	0,00	26,92	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	58,08	0,00	62,72	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	49,35	0,00	53,29	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	29721	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



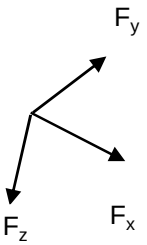


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	29,72	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-2,97	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-1,56	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	62,97	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	28,16	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^{o} * Cos47,2^{o} - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^{o} * Sin47,2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^{o} * Sin47,2^{o} - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^{o} * Cos47,2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	62,97	kN
$F_{z,Ed}$ =	9,97	kN
$F_{x,Ed}$ =	26,34	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,34	62,97	9,97	93,90	21,89	138,21

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1,5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1,5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1,5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1,5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 1,5*3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $59,5^2$ + $64,3^2$ }^{0,5} = 87,59 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 87,59 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,2 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm²
N_{Ed} =	53,10	kN ;	σ_N =	4,3	N/mm²
			σ_{max} =	4,3	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	26,34	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,2	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,89	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,9	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	138,21	/	217	=	0,64	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		150,8	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	93,90	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		51,2	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 62,97 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 9,97 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,6 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 23,9^2 + 152,9^2 \}^{0,5} = 154,8$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 179 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

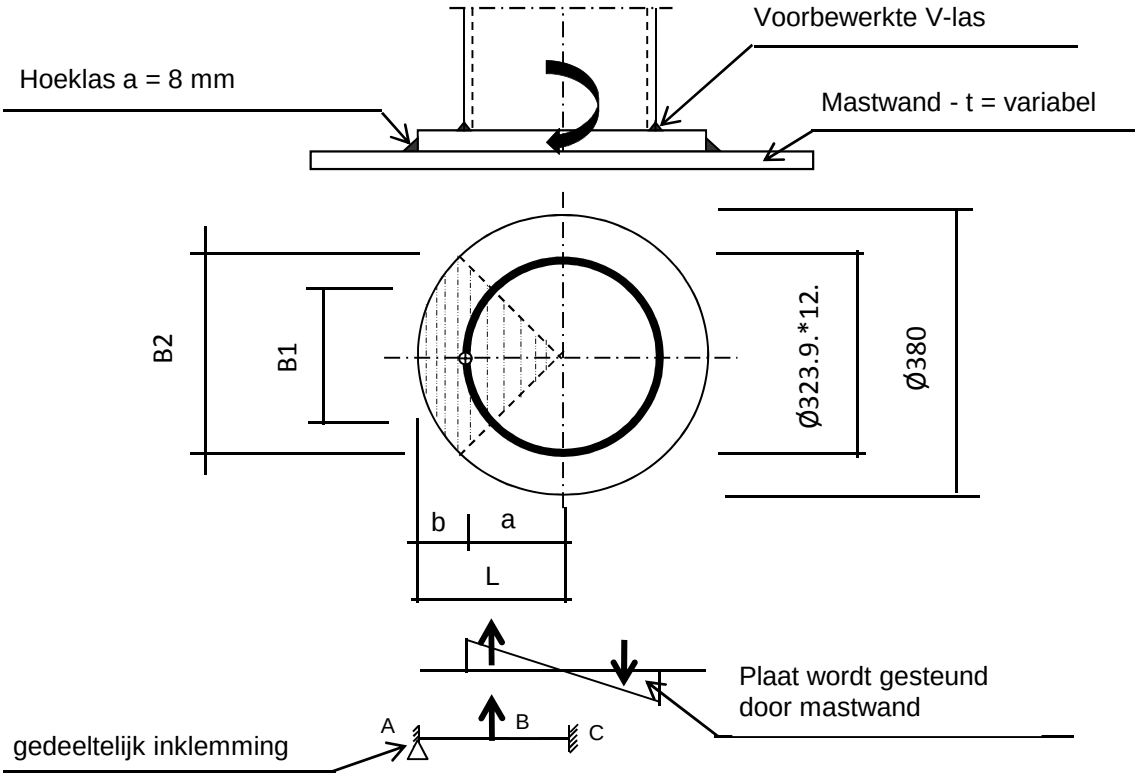
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 139,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 398,3 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 = 229,0 mm ; Boog B1 = 254 mm

B2 = 268,7 mm ; Boog B2 = 298 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 = 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,72 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 310,7 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,12 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,40 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 374,8 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,1 * 32,0% = 2,60 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,7 * 68,0% + 2,4 * 32,0% = 6,69 kNm

$R_{A;Ed}$ = 310,7 * 68,0% + 374,8 * 32,0% = 331,3 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,60 / 11,04 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 55,7 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,69 / 9,41 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 168,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 331,3 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 44,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 52,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 191,1 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 123,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 98,1 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 123,1 + 98,1 = 221,2 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 123,1 - 98,1 = 25,0 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 225,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 225,4 / 302,2 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 221,2 / 244,8 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 54,552 m hoogte (380 kV op 49,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	14,0	25318	S355	355	3559144
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,64

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 70,75 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 44,49 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,027

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 468,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 632,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 468,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 184,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 184,3 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 859,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 184,3 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,052 m hoogte (380 kv op 40,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,47

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 139,80 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1112,94 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,41 of n_p = -0,393

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,83

$M_{ip,1,Rd}$ = 407,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 722,3 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 407,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 155,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,2 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 981,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,2 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 37,552 m hoogte (380 kV op 32,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 258,07 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2749,58 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,530

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$M_{ip,1,Rd}$ = 387,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 387,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 155,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,9 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

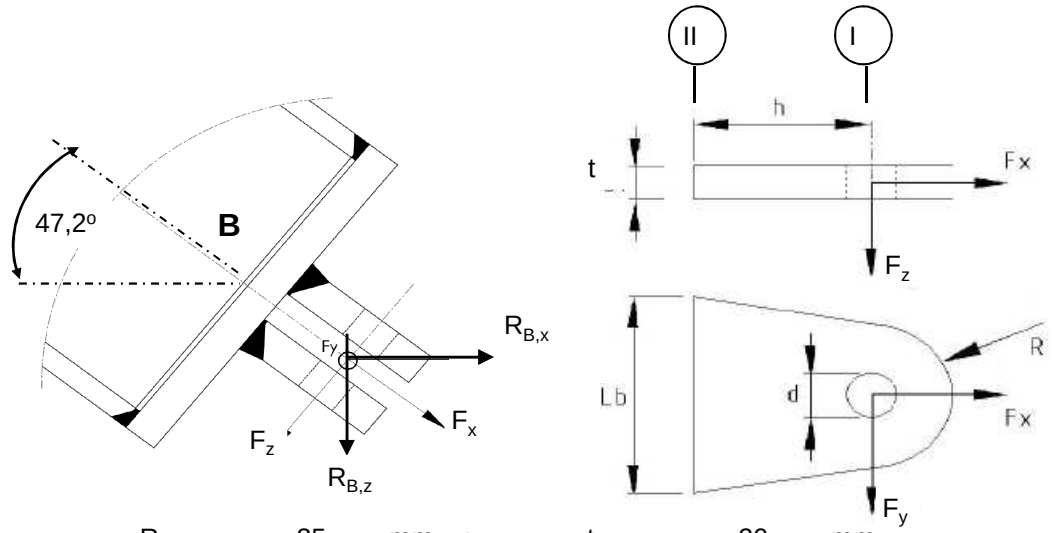
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,9 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,95	0,00	42,06	57,32	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,54	0,00	22,18	30,23	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	59,51	0,00	64,27	87,59	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	46,83	0,00	50,57	68,93	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	36,08	0,00	38,96	53,10	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	24,93	0,00	26,92	36,69	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	58,08	0,00	62,72	85,49	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	49,35	0,00	53,29	72,63	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	62,97	28,16	26,34	62,97	9,972

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 43,8 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,17	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,399	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,97	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,259	kNm
$V_{y,Ed}$ =	31,48	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,17	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,3	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,26	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,4	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,40	/	3,2	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		29,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	9,97	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,5	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	31,48	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		7,9	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 42,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 45 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

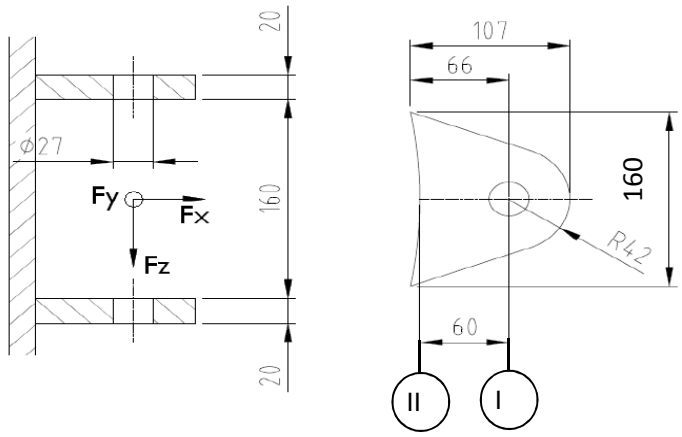
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	53,60	0,00	-6,39	53,60	0,00	6,39
BG 1a - (-wind (90 gr))	-113,09	0,00	13,48	113,09	0,00	13,48
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,25	0,00	-0,51	4,25	0,00	0,51
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-110,59	0,00	13,19	110,59	0,00	13,19
BG 1a - (+wind (45 gr))	19,99	0,00	-2,38	19,99	0,00	2,38
BG 1a - (-wind (45 gr))	-81,00	0,00	9,66	81,00	0,00	9,66
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,15	0,00	1,69	14,15	0,00	1,69
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-93,27	0,00	11,12	93,27	0,00	11,12
BG bundelbreuk	0,00	-2,97	-1,56	0,00	2,97	1,56

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 56,5 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	56,54	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,809	kNm
$V_{z,Ed}$ =	13,48	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,54	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		17,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,81	/	2,5	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		75,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	13,48	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		4,2	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 93,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 28,3 + 34,7 = 62,9 kN

σ_1 =					55,6	N/mm^2
τ_1 =					55,6	N/mm^2
τ_2 =	0					
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			111,3	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	111,3	/	302,2	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	55,6	/	244,8	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2195 - 1000 = 1195 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,34	62,97	9,97	51,12	11,92	75,24

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 76,2 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 63,8 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 40,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 101,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 100,96 / 203 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 40,74 / 136 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,66 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

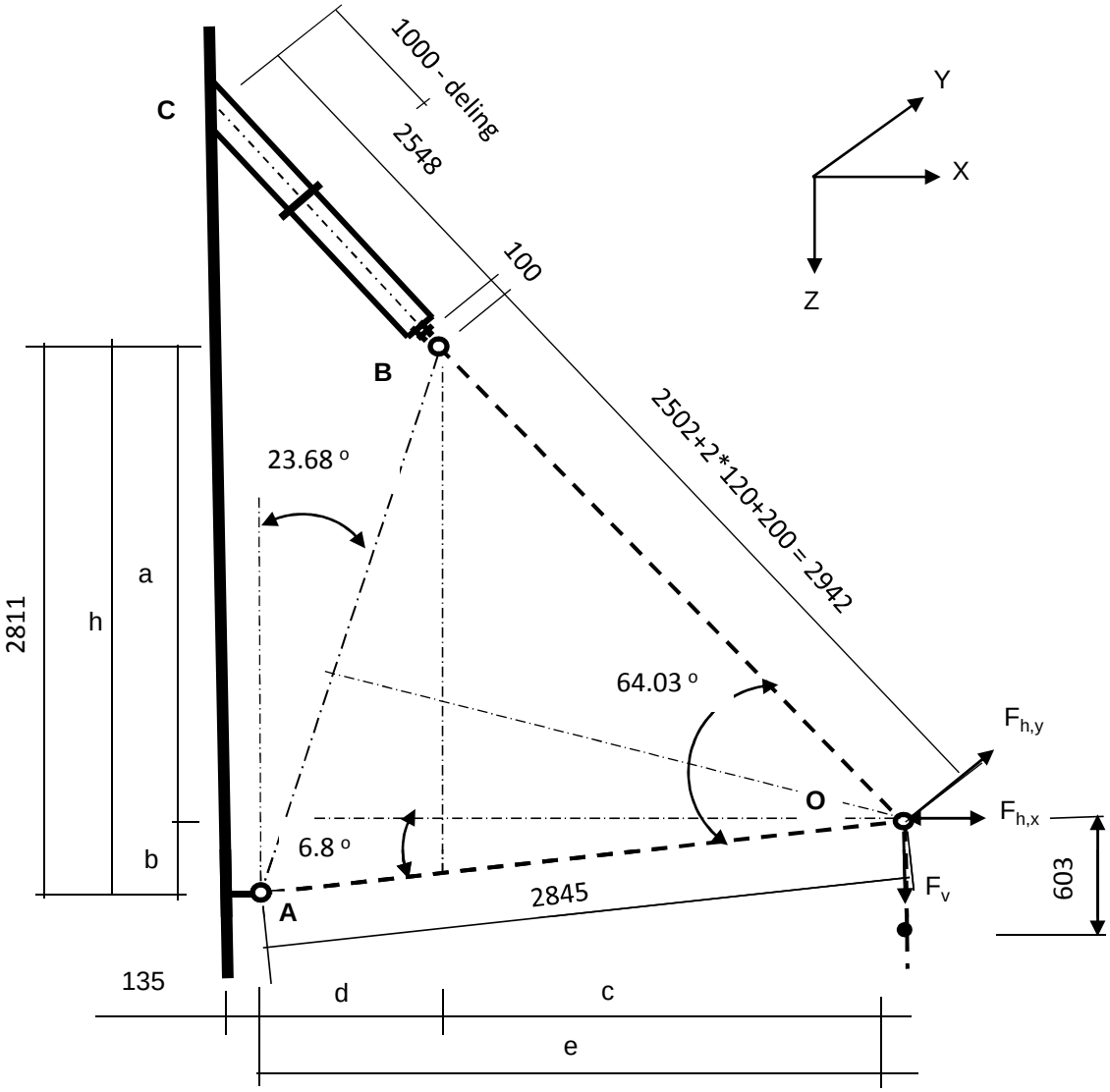
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	264,6	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	169,4	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,60 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening V-brace - 150 kV

9.2.1 - Berekening uithouder V-brace - 150 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 138 141-217 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	11568	64640	4458	11568	-64640	4458
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	7970	66284	7970	7970	-66284	7970
BG 1a - (+wind (45 gr))	7009	48049	4573	7009	-48049	4573
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5491	61716	8051	5491	-61716	8051

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	8916	±	23136	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	15941	±	15941	0
BG 1a - (wind (45 gr))	9145	±	14017	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16103	±	10982	0

a =	2474	mm	b =	337	mm
h =	2811	mm	c =	1592	mm
d =	1233	mm	e =	2825	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,2	0,00	-1,9	7,0	0,00	10,8
BG 1a - (-wind (90 gr))	-26,8	0,00	3,2	3,7	0,00	5,7
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,3	0,00	-0,6	10,7	0,00	16,6
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-24,3	0,00	2,9	8,4	0,00	13,0
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,6	0,00	-0,9	6,5	0,00	10,0
BG 1a - (-wind (45 gr))	-18,5	0,00	2,2	4,5	0,00	6,9
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,6	0,00	-0,1	10,4	0,00	16,2
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-19,8	0,00	2,4	8,8	0,00	13,7

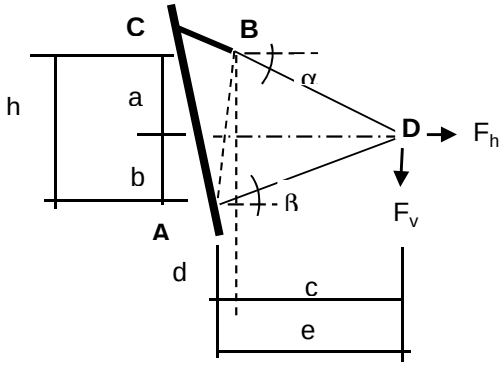
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

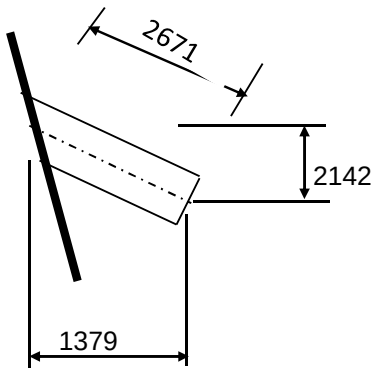
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,98	0,00	10,84	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,68	0,00	5,72	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	10,67	0,00	16,57	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	8,39	0,00	13,04	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,47	0,00	10,05	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	4,47	0,00	6,94	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,41	0,00	16,17	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	8,84	0,00	13,74	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	7430	24000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



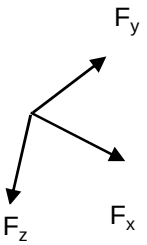


a =	1626	mm	b =	1443	mm
h =	3069	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	24,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	7,43	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	3,71	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	1,44	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	20,29	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	8,87	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	20,29	kN
$F_{z,Ed}$ =	1,40	kN
$F_{x,Ed}$ =	8,76	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
8,76	20,29	1,40	27,98	3,57	51,70

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	1555	kN
$W_y = W_z$ =	3,28E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
W_x =	6,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	89,8	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	448,8	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { 10,7^2 + 16,6^2 }^{0,5} = 19,71 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 19,71 / 1555 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 3,0 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm^2
N_{Ed} =	11,95	kN ;	σ_N =	1,8	N/mm^2
			σ_{max} =	1,8	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	8,76	/	1555	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,3	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,57	/	78	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,9	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	51,70	/	78	=	0,66	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		157,4	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	27,98	/	90	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		42,6	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 20,29 / 449 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 6,2 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 1,40 / 449 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,4 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 10,9^2 + 158,7^2 \}^{0,5} = 159,1$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 176 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

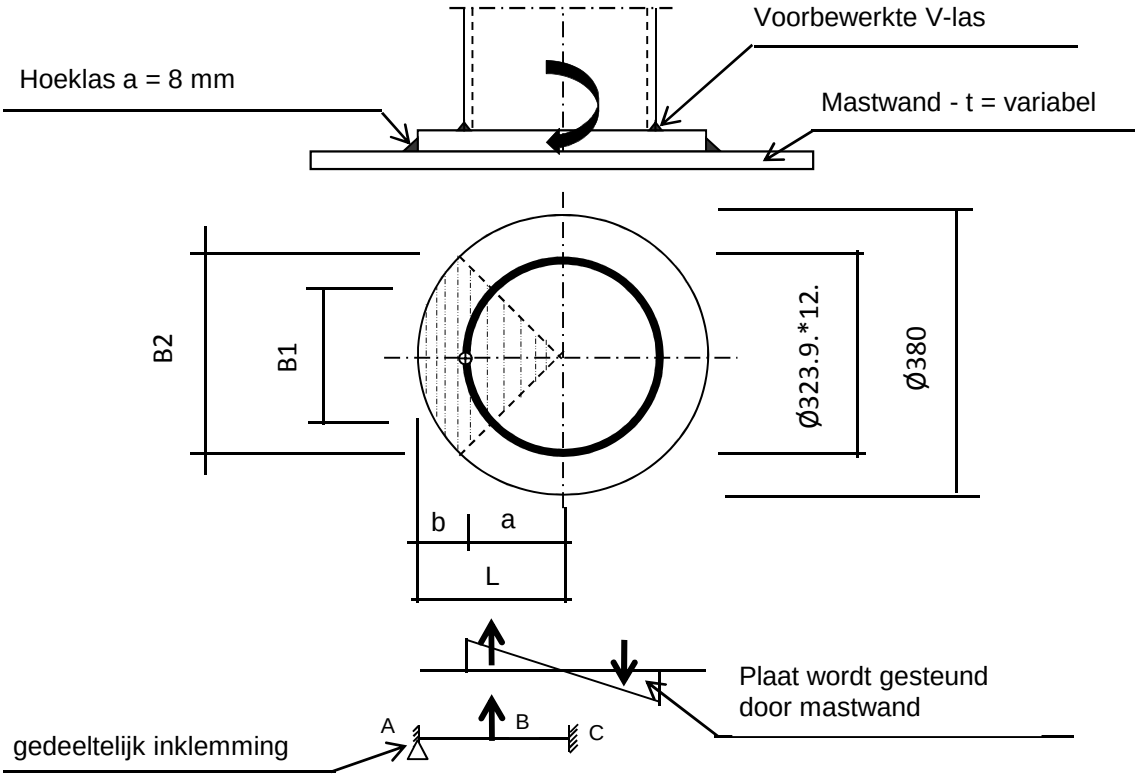
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2
W =	328475	mm^3
I =	35984390	mm^4
R =	110	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 51,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 221,1 kN

a = R_{buis} = 109,6

b = R_{pl} - a = 40,5

B1 =	154,9	mm ;	Boog B1 =	172	mm
B2 =	212,1	mm ;	Boog B2 =	236	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 5,41 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 133,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 4,77 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,57 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 181,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 4,8 * 32,0% = 1,53 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,4 * 68,0% + 2,6 * 32,0% = 4,51 kNm

$R_{A;Ed}$ = 133,9 * 68,0% + 181,6 * 32,0% = 149,1 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 8,71 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 6,36 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 1,53 / 8,71 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 41,5 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 4,51 / 6,36 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 167,6 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 149,1 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 25,3 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 34,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 178,0 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 91,6 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 55,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 91,6 + 55,9 = 147,6 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 91,6 - 55,9 = 35,7 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 160,0 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 160,0 / 302,2 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 147,6 / 244,8 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 54,552 m hoogte (150 kV op 49,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	12,0	21777	S355	355	3082111
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,51

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 24,6

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 70,75 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = -12,31 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,00 of n_p = 0,020

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 233,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 337,6 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 233,2 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 87,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 87,6 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 459,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 87,6 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,052 m hoogte (150 kv op 40,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 139,80 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 756,74 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,28 of n_p = -0,264

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,89

$M_{ip,1,Rd}$ = 274,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 450,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 274,5 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 117,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 117,1 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 612,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 117,1 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 37,552 m hoogte (150 kV op 32,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 258,07 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2219,03 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,45 of n_p = -0,425

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,80

$M_{ip,1,Rd}$ = 262,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 506,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 262,0 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 122,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 122,6 = 0,42 < 1,0 -- Voldoet

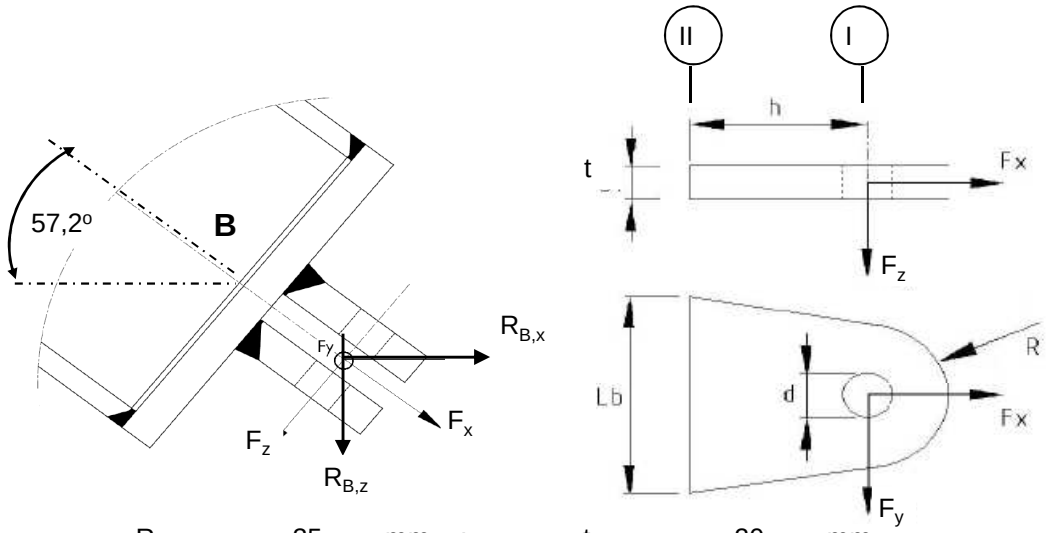
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 688,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 122,6 = 0,42 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 219,1*10



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,98	0,00	10,84	12,90	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,68	0,00	5,72	6,80	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	10,67	0,00	16,57	19,71	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	8,39	0,00	13,04	15,51	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,47	0,00	10,05	11,95	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	4,47	0,00	6,94	8,25	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,41	0,00	16,17	19,23	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	8,84	0,00	13,74	16,34	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	20,29	8,87	8,76	20,29	1,401

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 9,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 11 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	4,38	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,056	kNm
$V_{z,Ed}$ =	1,40	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,406	kNm
$V_{y,Ed}$ =	10,14	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	4,38	/	947	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,41	/	32	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		3,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,06	/	3,2	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		4,2	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	1,40	/	547	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,14	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		2,5	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 8,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

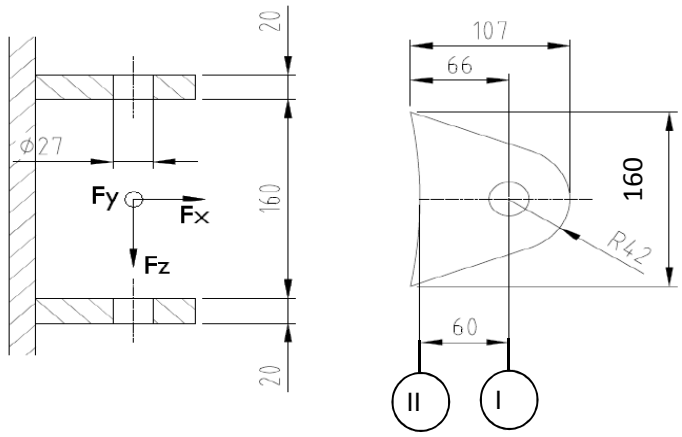
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,16	0,00	-1,93	16,16	0,00	1,93
BG 1a - (-wind (90 gr))	-26,82	0,00	3,20	26,82	0,00	3,20
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,27	0,00	-0,63	5,27	0,00	0,63
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-24,33	0,00	2,90	24,33	0,00	2,90
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,55	0,00	-0,90	7,55	0,00	0,90
BG 1a - (-wind (45 gr))	-18,49	0,00	2,20	18,49	0,00	2,20
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,57	0,00	-0,07	0,57	0,00	0,07
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-19,83	0,00	2,36	19,83	0,00	2,36
BG bundelbreuk	0,00	3,71	1,44	0,00	3,71	1,44

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 13,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 12 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	13,41	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,192	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,20	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,41	/	757	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,19	/	2,5	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		18,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	3,20	/	437	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		1,0	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 22,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 22 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 6,7 + 8,2 = 14,9 kN

σ_1 =					13,2	N/mm^2
τ_1 =					13,2	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			26,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	26,4	/	302,2	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	13,2	/	244,8	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet

9.2.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2548 - 1000 = 1548 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
8,76	20,29	1,40	17,00	2,17	31,41

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 31,5 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 20,3 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	290	mm
uitwendige diameter flens :	350	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 22,9 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 73,8 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 73,83 / 203 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 22,93 / 136 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,43 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 151,8 mm

m = 29,8 mm

n = 30,0 mm

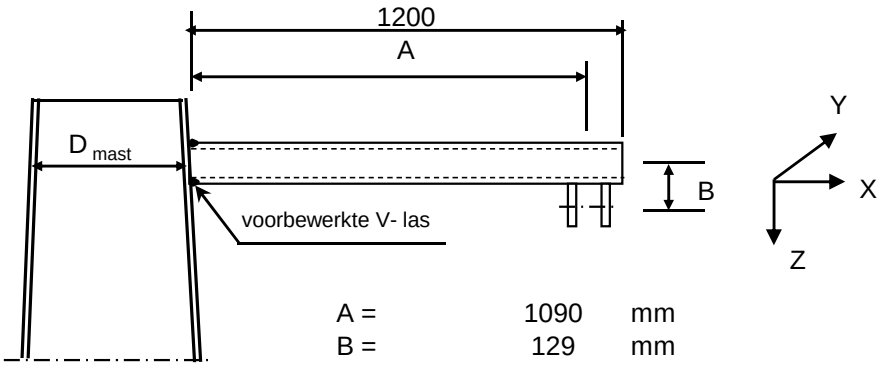
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3593633 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	241,2	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	162,1	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 162,1 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,46 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	506	mm
t_{mast} =	14	mm
Hoogte:	57,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	8006	41910	2304	8006	-41910	2304
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	9444	67863	9874	9444	-67863	9874
BG 1a - (+wind (45 gr))	4744	29248	2359	4744	-29248	2359
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6316	62972	9963	6316	-62972	9963

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,01	0,00	4,61	0,00	7,09	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	18,89	0,00	19,75	0,00	31,08	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,49	0,00	4,72	0,00	5,28	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	12,63	0,00	19,93	0,00	21,72	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	31,08	/	36	=	0,85	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		201,6	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	18,89	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,7	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	19,75	/	275	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,8	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 201,6 + 4,7 = 206,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 207 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,6	14,0	21622	S355	355	2585992
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 18,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 21,83 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 28,73 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,028

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 53,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 54,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 31,08 / 53,0 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

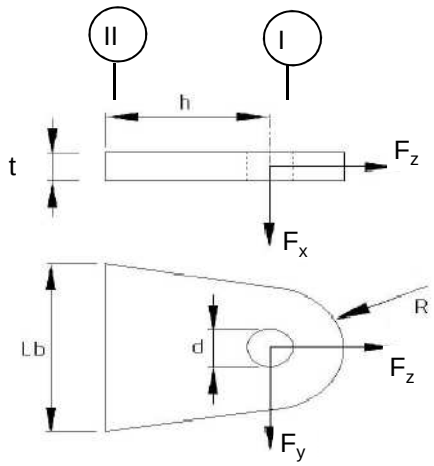
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 28,6 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,01	0,00	4,61
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	18,89	0,00	19,75
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,49	0,00	4,72
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	12,63	0,00	19,93

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 10,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	9	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	9,87	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,737	kNm
$V_{x,Ed}$ =	9,44	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,87	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,1	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	0,74	/	1,9	=	0,39	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		92,1	N/mm^2
$V_{x,Ed}$ / $V_{x,Rd}$ =	9,44	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,9	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

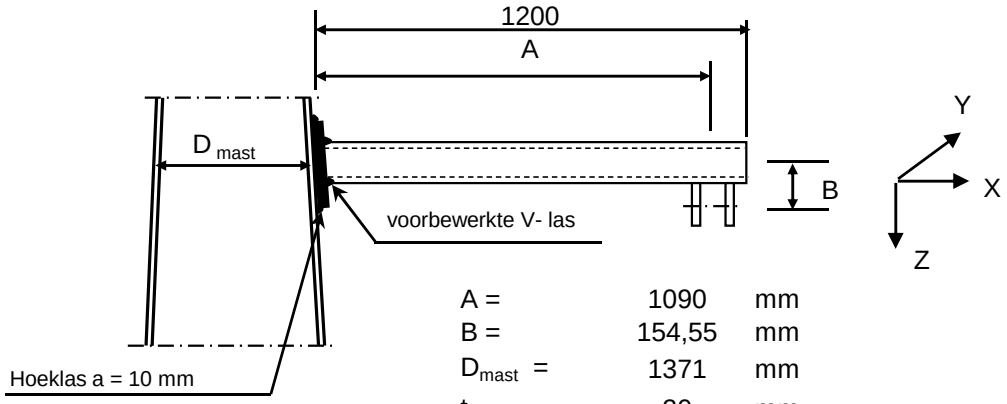
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,9 + 31,6 = 36,5 kN

σ_1 =	43,0	N/mm^2	
τ_1 =	43,0	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	86,0	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 86,0 / 302,2 =	0,28	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 43,0 / 244,8 =	0,18	< 1,0 -- Voldoet	

9.4 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1371	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	11309	66072	4858	11309	-66072	4858
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	14332	128955	20084	14332	-128955	20084
BG 1a - (+wind (45 gr))	6913	50148	4981	6913	-50148	4981
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10195	124390	20178	10195	-124390	20178

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	22,62	0,00	9,72	0,00	14,09	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	28,66	0,00	40,17	0,00	48,21	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,83	0,00	9,96	0,00	13,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	20,39	0,00	40,36	0,00	47,14	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	48,21	/	64	=	0,75	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		178,5	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	28,66	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	40,17	/	362	=	0,11	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		15,1	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 178,5 + 5,4 = 183,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 186 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

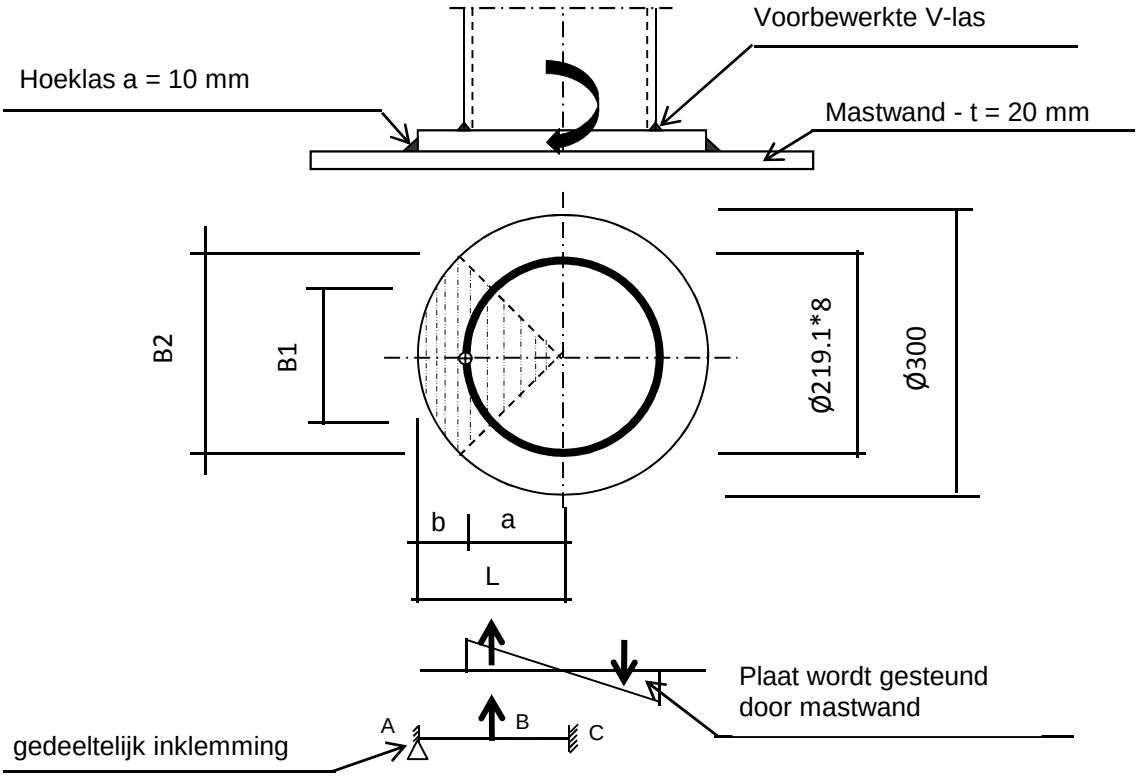
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 20 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 48,2 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 202,0 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 50,0%
Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 4,95 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 122,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,36 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,35 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 165,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 50,0% + 4,4 * 50,0% = 2,18 kNm

$M_{B;Ed} =$ 4,9 * 50,0% + 2,4 * 50,0% = 3,65 kNm

$R_{A;Ed} =$ 122,3 * 50,0% + 165,9 * 50,0% = 144,1 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 5,58 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 4,07 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,18 / 5,58 = 0,39 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 92,5 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 3,65 / 4,07 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 212,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 144,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 30,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 41,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 224,1 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 130,8 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 43,2 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	130,8	+	43,2	=		174,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	130,8	-	43,2	=		87,6	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		230,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	230,9	/	302,2	=	0,76	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	174,1	/	244,8	=	0,71	< 1,0	-- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1371,0	20,0	84886	S355	355	28258144
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,22

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 34,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 470,81 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 7431,46 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,76 of n_p = -0,725

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,60

$M_{ip,1,Rd}$ = 106,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 48,21 / 106,1 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

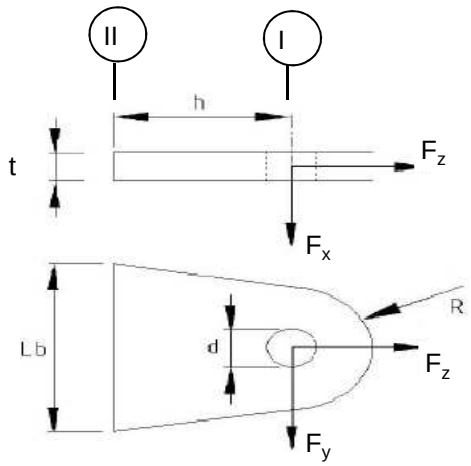
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 56,1 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.4.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	22,62	0,00	9,72
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	28,66	0,00	40,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,83	0,00	9,96
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	20,39	0,00	40,36

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 20,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 18 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	20,08	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,889	kNm
$V_{z,Ed}$ =	14,33	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	20,08	/	568	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		8,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,89	/	1,9	=	0,47	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		111,1	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	14,33	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		6,0	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 120 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

a = 5 mm

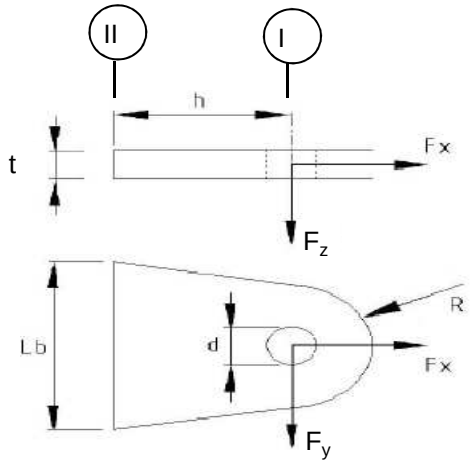
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 10,0 + 38,1 = 48,1 kN

σ_1 =		56,7	N/mm^2
τ_1 =		56,7	N/mm^2
τ_2 =	0		
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	113,4	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	113,4	/	302,2	=	0,38	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	56,7	/	244,8	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	42,43	/	521	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,3	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	2,33	/	10	=	0,24	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		57,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	42,43	/	301	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		19,3	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN

$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,30	/	10	=	0,35	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		81,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	60,00	/	301	=	0,20	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		27,3	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1995,0	22,0	136364	S355	355	66528068
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 758,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 18351,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,79 of $n_p =$ -0,761

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 333,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 333,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 36,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 36,6 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

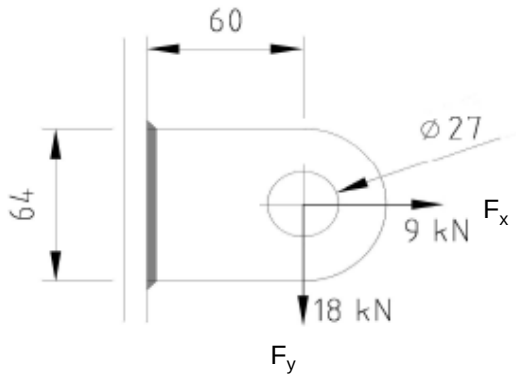
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 30,987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1202,3	18,0	66973	S355	355	19537236
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 382,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 5124,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,75 of $n_p =$ -0,723

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,60

$N_{1,Rd} =$ 234,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 234,1 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 15,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 15,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 50,487 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695,3	14,0	29967	S355	355	5003721
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 117,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 422,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,25 of $n_p =$ -0,227

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,91

$N_{1,Rd} =$ 215,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 215,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 13,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 13,8 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

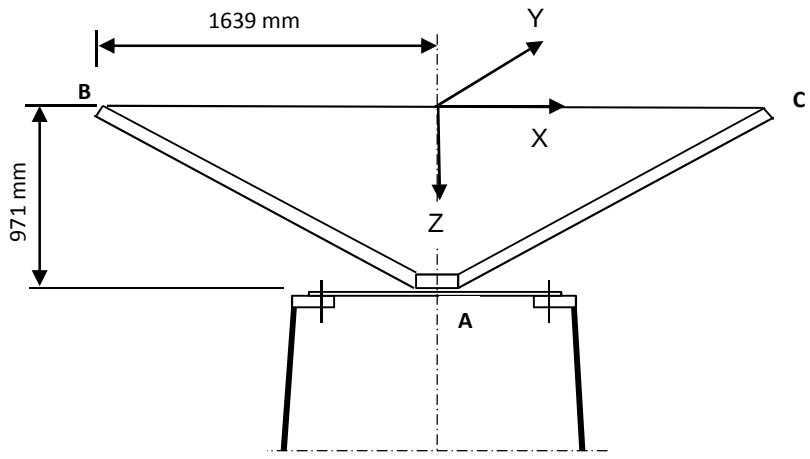
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



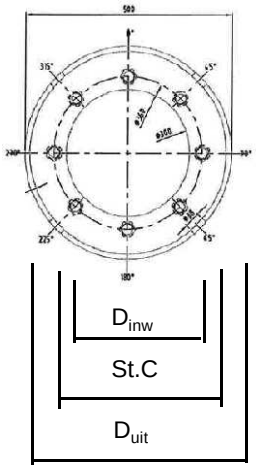
Buis rond 500 * 14

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm²
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03 / 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36 / 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

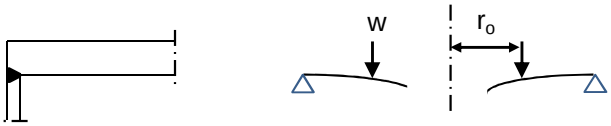
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

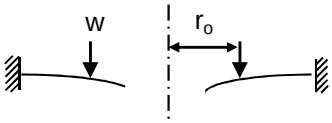
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 46,7%

Percentage vrij oplegging = 53,3%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 717 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 16380 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 17097 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 17097 / 35500 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 114,0 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 118 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 21375 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 7588 kN

$W_y = W_z$ = 2,53E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 896,9 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 7588 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,6 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 897 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 28,5 N/mm^2

σ_{max} = 30,1 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

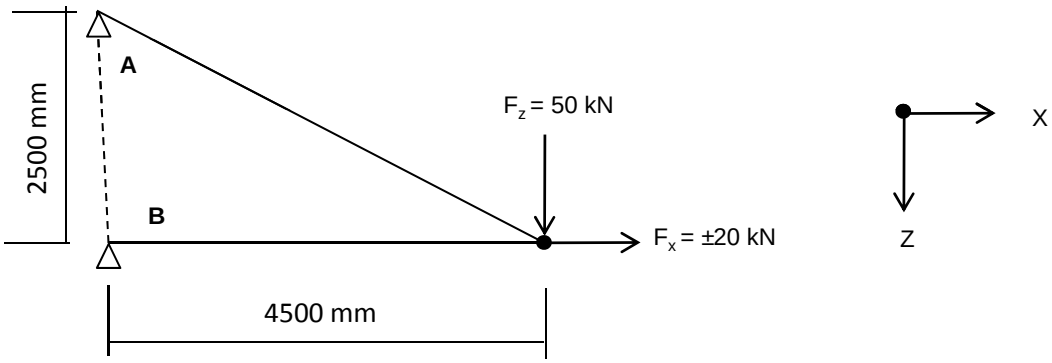
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

Hijsbalk 4,5m op 57,335 / 54,835

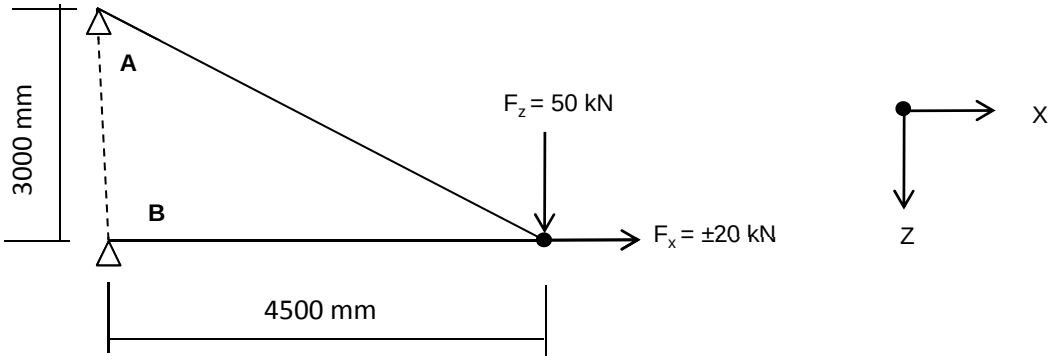


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	70,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	110,00 kN

Hijsbalk 4,5m op 49,335 / 46,335 en 40,835 / 37,835



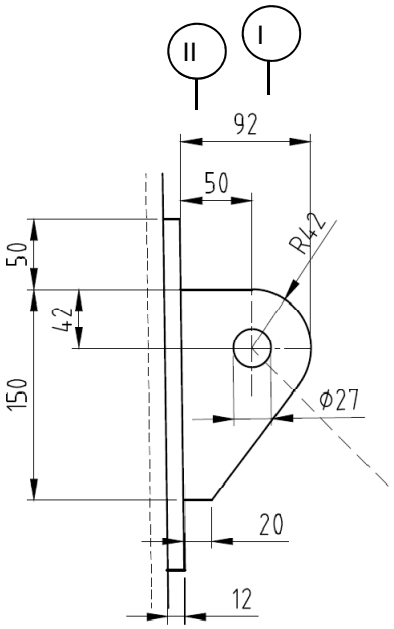
$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	95,00 kN

9.8.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m

A - Clip op 57,335m



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^{\ 2} + F_{x,Ed}^{\ 2})^{0,5}$ = 103,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	90	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	90,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 5,47 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	710	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		30,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,47	/	18	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		72,9	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	50,00	/	410	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		16,7	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 30,0 + 72,9 } = 102,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 107 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

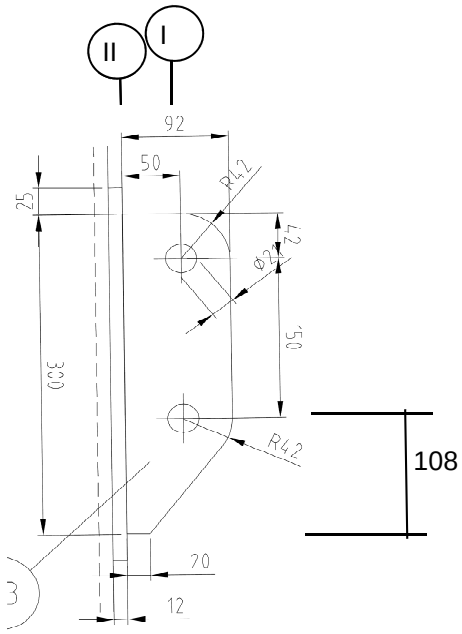
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_2 = 0					33,3	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			296,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	296,8	/	302,2	=	0,98	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	145,6	/	244,8	=	0,59	< 1,0 -- Voldoet

A - Clip op 49,335m en 40,835m



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	300	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
75,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^{\ 2} + F_{x,Ed}^{\ 2})^{0,5}$ = 90,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	79	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	4,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	819,8	kN

N_{Ed} =	75,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 5,65 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$	75,00	/	1420	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		12,5	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$	5,65	/	71	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		18,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$	50,00	/	820	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		8,3	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 12,5 + 18,8 } = 31,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 34 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_2 = 0					16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	93,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	93,2	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,3	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +57,335 / 54,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	517	14,0	22136	S355	355	2711906
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,29 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,29

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 21,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 28,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,03 of $n_p =$ -0,027

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 246,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 90,00 / 246,2 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 36,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,47 / 36,9 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 90,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,470 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2059 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +49,335 / 46,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	725	14,0	31284	S355	355	5457761
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,41 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,41

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 123,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 637,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,34 of $n_p =$ -0,318

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,86

$N_{1,Rd} =$ 220,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 220,9 = 0,34 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 66,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 66,3 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,650 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +40,835 / 37,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	946	16,0	46761	S355	355	10694713
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,32 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,32

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 158,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1951,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,52 of $n_p =$ -0,504

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 248,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 248,7 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 74,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 74,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

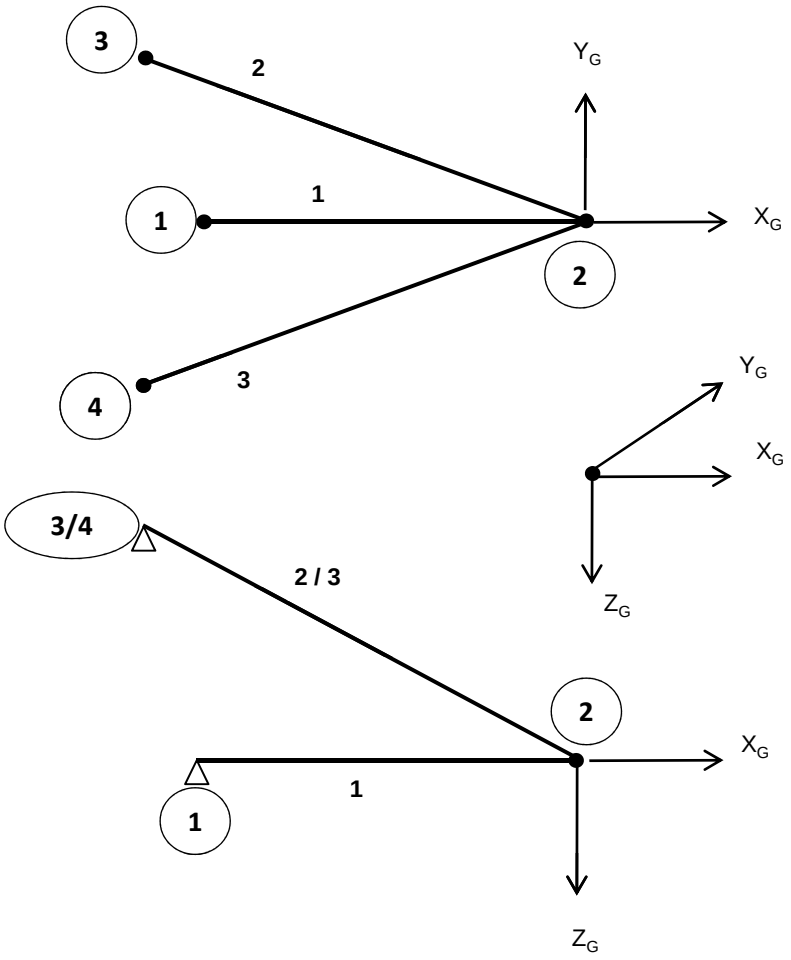
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
7	alle staven	factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
9	2 t/m 2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m 2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m 2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0982E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0188E-05	8.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

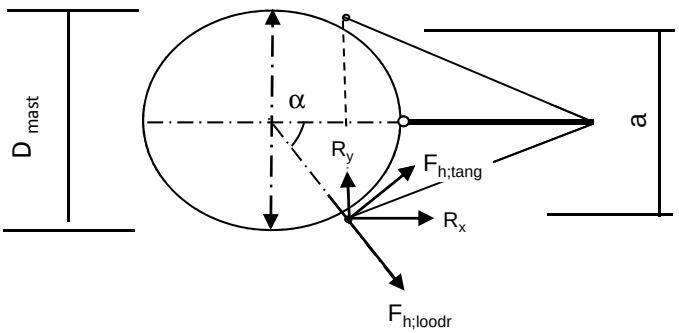
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	49330	725	14	55,18	0,00	-0,20
3	50487	695	14	50,84	-11,50	34,00
4	50487	695	14	-126,02	-28,50	-84,87
1	40830	946	16	55,18	0,00	-0,20
3	41987	916	16	50,84	-11,50	34,00
4	41987	916	16	-126,02	-28,50	-84,87
1	32330	1167	18	55,18	0,00	-0,20
3	33487	1137	18	50,84	-11,50	34,00
4	33487	1137	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * Cos\alpha + R_y * Sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * Sin\alpha + R_y * Cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	49330	725		0,00	55,18	0,00	0,20
3	50487	695	704	62,3	33,83	39,65	34,00
4	50487	695	704	62,3	33,41	124,81	84,87
1	40830	946		0,00	55,18	0,00	0,20
3	41987	916	854	57,2	37,23	36,48	34,00
4	41987	916	854	57,2	44,38	121,34	84,87
1	32330	1167		0,00	55,18	0,00	0,20
3	33487	1137	960	50,9	41,00	32,19	34,00
4	33487	1137	960	50,9	57,39	115,75	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 49,330 en 40,830m hoogte
Clip type 16,3 - 32,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 50,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,40 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 41,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 22,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 60,67 kN

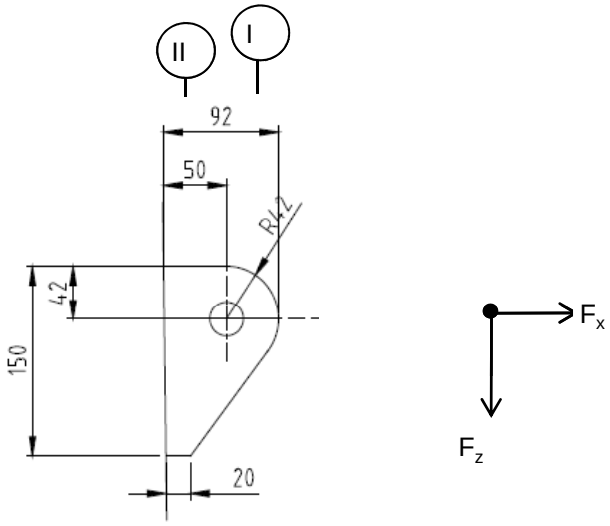
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 33,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 28,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 57,88 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 50,487m, 41,987m en 33,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.9.1 - Berekening clip type 9,3 - 49,330 en 40,830m hoogte

en clip type16,3 op 32,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	48	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.9.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +32,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1167	18,0	64998	S355	355	18394077
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 365,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4401,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,69 of $n_p =$ -0,658

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,65

$N_{1,Rd} =$ 257,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 257,3 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 38,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 38,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

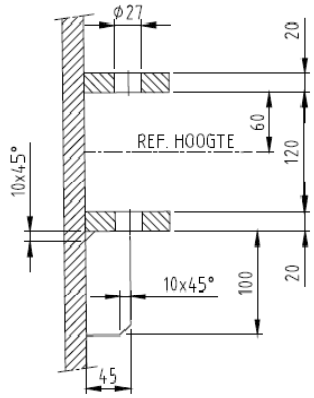
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

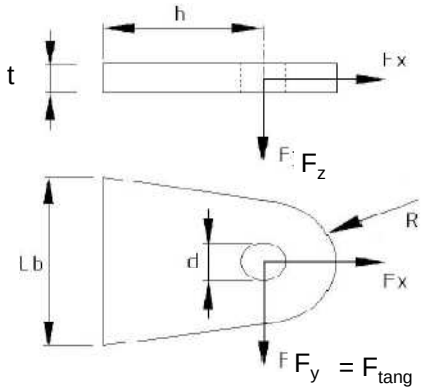
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.9.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.





R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	140	mm	;	d =	27	mm
h =	45	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	50,487m kN	41,987m kN	33,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	382,6	kN

Clip op 50,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN			

Clip op 41,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN			

Clip op 33,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN			

	50,487m hoogte spanning in N/mm^2	41,987m hoogte spanning in N/mm^2	33,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	6,0	7,9	10,2
$\sigma_{b,z}$ =	43,0	41,8	41,8
τ_y =	22,3	21,7	20,7
$\sigma_{b,max}$ =	48,9	49,7	52,0
σ_{vlg} =	62,3	62,3	63,2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

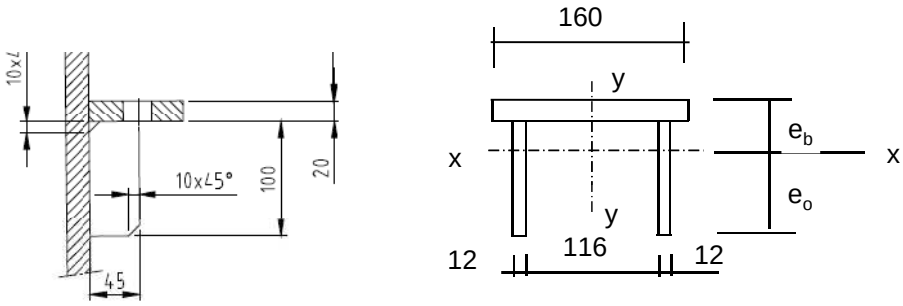
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_2 =	0		104,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	232,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	232,7 /	302,2 =	0,77	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	73,6 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	50,487m kN	41,987m kN	33,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 50,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,249	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 41,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,390	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 33,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,557	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	50,487m hoogte spanning in N/mm^2	41,987m hoogte spanning in N/mm^2	33,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	3,0	4,0	5,1
$\sigma_{b,z}$ =	13,4	13,0	12,4
$\sigma_{b,y}$ =	42,7	44,2	45,9
τ_y =	19,5	19,0	18,1
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	59,1	61,1	63,4
σ_{vlg} =	91,6	92,6	93,5

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	20	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		89,6	N/mm^2
τ_1 =		89,6	N/mm^2
τ_2 = 0		42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	193,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	193,8	/	302,2	= 0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	89,6	/	244,8	= 0,37	< 1,0 -- Voldoet

9.9.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +50,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695	14,0	29967	S355	355	5003721
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,20

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 117,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 545,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,32 of n_p = -0,296

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,87

$N_{1,Rd}$ = 195,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,70 / 195,1 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 13,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 13,7 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 979,0 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 3826 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +41,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	916	16,0	45256	S355	355	10011705
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,15

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 150,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1730,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,50 of n_p = -0,478

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 210,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 22,19 / 210,3 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 14,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,73 / 14,7 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 22,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,73 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 994,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4372 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +33,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1137	18,0	63297	S355	355	17436884
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,12

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 316,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3871,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,64 of n_p = -0,611

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,69

$N_{1,Rd}$ = 226,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 28,70 / 226,2 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 15,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,60 / 15,8 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

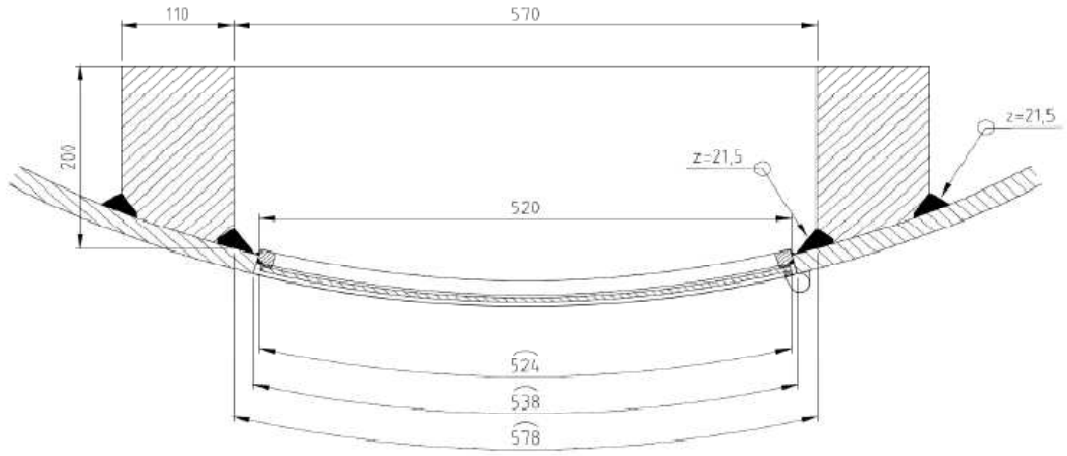
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 28,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,60 kNm

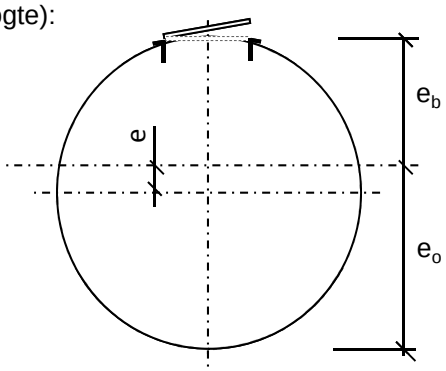
$\sigma_{max.}t_i$ = 1002,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

9.10 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 1976 mm
dikte t ; 22 mm

A_{buis} = 135061 mm^2
$A_{versterking}$ = 39441 mm^2
$A_{verlies}$ = 11447 mm^2

A_{tot} = 163055 mm^2

e = 128,8 mm
e_b = 859,3 mm ; e_o = 1116,9 mm

I_{tot} = 7,73E+10 mm^4
W_{min} = 6,92E+07 mm^3
W_{max} = 8,99E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} = 18847 kNm ; N_{Ed} = 759 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 4,7 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 272,5 N/mm^2

σ_{max} = 4,7 + 272,5 = 277,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 - bijlage AA en AA2

W4S400Z+5 TOWER APPENDIX: AA

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	5122	1770	40154	5122	1770	-40154
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2470	859	19377	2470	859	-19377
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18903	6524	147783	18903	6524	-147783
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18903	6518	147783	18903	6518	-147783
	380C1F3 / 380C2F3	18903	6511	147783	18903	6511	-147783
	150C1F1 / 150C2F1	4726	1631	36946	4726	1631	-36946
	150C1F2 / 150C2F2	4726	1630	36946	4726	1630	-36946
	150C1F3 / 150C2F3	4726	1628	36946	4726	1628	-36946
1b	Comp. gl	5181	1972	45077	5181	1972	-45077
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2501	962	21970	2501	962	-21970
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19168	7427	169771	19168	7427	-169771
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19168	7426	169771	19168	7426	-169771
	380C1F3 / 380C2F3	19168	7424	169771	19168	7424	-169771
	150C1F1 / 150C2F1	4792	1857	42443	4792	1857	-42443
	150C1F2 / 150C2F2	4792	1856	42443	4792	1856	-42443
	150C1F3 / 150C2F3	4792	1856	42443	4792	1856	-42443
3	Comp. gl	20222	5365	122498	20222	5365	-122498
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	10011	2666	60775	10011	2666	-60775
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32379	10460	238677	32379	10460	-238677
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32379	10457	238677	32379	10457	-238677
	380C1F3 / 380C2F3	32379	10453	238677	32379	10453	-238677
	150C1F1 / 150C2F1	8095	2615	59669	8095	2615	-59669
	150C1F2 / 150C2F2	8095	2614	59669	8095	2614	-59669
	150C1F3 / 150C2F3	8095	2613	59669	8095	2613	-59669
4	Comp. gl	6767	2243	51307	6767	2243	-51307
Construction/maintenanc	GW / opgw	3293	1094	25008	3293	1094	-25008
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22212	7511	171693	22212	7511	-171693
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22212	7509	171693	22212	7509	-171693
	380C1F3 / 380C2F3	22212	7508	171693	22212	7508	-171693
	150C1F1 / 150C2F1	5553	1878	42923	5553	1878	-42923
	150C1F2 / 150C2F2	5553	1877	42923	5553	1877	-42923
	150C1F3 / 150C2F3	5553	1877	42923	5553	1877	-42923
6	Comp. gl	5751	1931	44221	5751	1931	-44221
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2773	932	21353	2773	932	-21353
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	380C1F2 / 380C2F2	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	380C1F3 / 380C2F3	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	150C1F1 / 150C2F1	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
	150C1F2 / 150C2F2	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
	150C1F3 / 150C2F3	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
1a	Comp. gl	4981	6913	50148	4981	6913	-50148
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2359	4744	29248	2359	4744	-29248
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18290	28035	192197	18290	28035	-192197
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18347	26365	186705	18347	26365	-186705
	380C1F3 / 380C2F3	18422	24221	179939	18422	24221	-179939
	150C1F1 / 150C2F1	4573	7009	48049	4573	7009	-48049
	150C1F2 / 150C2F2	4587	6591	46676	4587	6591	-46676
	150C1F3 / 150C2F3	4606	6055	44985	4606	6055	-44985

1b	Comp. gl	5171	2981	45544	5171	2981	-45544
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2489	1726	22530	2489	1726	-22530
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19118	11675	171945	19118	11675	-171945
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19125	11345	171617	19125	11345	-171617
	380C1F3 / 380C2F3	19134	10923	171236	19134	10923	-171236
	150C1F1 / 150C2F1	4780	2919	42986	4780	2919	-42986
	150C1F2 / 150C2F2	4781	2836	42904	4781	2836	-42904
	150C1F3 / 150C2F3	4783	2731	42809	4783	2731	-42809
3	Comp. gl	20178	10195	124390	20178	10195	-124390
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9963	6316	62972	9963	6316	-62972
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32206	21964	246866	32206	21964	-246866
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32229	21069	245667	32229	21069	-245667
	380C1F3 / 380C2F3	32258	19924	244257	32258	19924	-244257
	150C1F1 / 150C2F1	8051	5491	61716	8051	5491	-61716
	150C1F2 / 150C2F2	8057	5267	61417	8057	5267	-61417
	150C1F3 / 150C2F3	8064	4981	61064	8064	4981	-61064
4	Comp. gl	6761	3220	51609	6761	3220	-51609
Construction/maintenanc	GW / opgw	3285	1831	25373	3285	1831	-25373
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22177	11627	173368	22177	11627	-173368
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22182	11308	173113	22182	11308	-173113
	380C1F3 / 380C2F3	22188	10900	172815	22188	10900	-172815
	150C1F1 / 150C2F1	5544	2907	43342	5544	2907	-43342
	150C1F2 / 150C2F2	5545	2827	43278	5545	2827	-43278
	150C1F3 / 150C2F3	5547	2725	43204	5547	2725	-43204
1a	Comp. gl	4858	11309	66072	4858	11309	-66072
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2304	8006	41910	2304	8006	-41910
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17833	46273	258559	17833	46273	-258559
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17890	43247	247150	17890	43247	-247150
	380C1F3 / 380C2F3	17973	39351	232576	17973	39351	-232576
	150C1F1 / 150C2F1	4458	11568	64640	4458	11568	-64640
	150C1F2 / 150C2F2	4473	10812	61787	4473	10812	-61787
	150C1F3 / 150C2F3	4493	9838	58144	4493	9838	-58144
1b	Comp. gl	5149	3852	46679	5149	3852	-46679
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2466	2390	23812	2466	2390	-23812
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19011	15340	177159	19011	15340	-177159
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19032	14723	176092	19032	14723	-176092
	380C1F3 / 380C2F3	19058	13935	174834	19058	13935	-174834
	150C1F1 / 150C2F1	4753	3835	44290	4753	3835	-44290
	150C1F2 / 150C2F2	4758	3681	44023	4758	3681	-44023
	150C1F3 / 150C2F3	4764	3484	43708	4764	3484	-43708
3	Comp. gl	20084	14332	128955	20084	14332	-128955
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9874	9444	67863	9874	9444	-67863
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31881	31881	265134	31881	31881	-265134
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31940	30219	261510	31940	30219	-261510
	380C1F3 / 380C2F3	32015	28087	257166	32015	28087	-257166
	150C1F1 / 150C2F1	7970	7970	66284	7970	7970	-66284
	150C1F2 / 150C2F2	7985	7555	65377	7985	7555	-65377
	150C1F3 / 150C2F3	8004	7022	64291	8004	7022	-64291
4	Comp. gl	6746	4057	52376	6746	4057	-52376
Construction/maintenanc	GW / opgw	3270	2467	26251	3270	2467	-26251
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22099	15171	177487	22099	15171	-177487
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22114	14575	176638	22114	14575	-176638
	380C1F3 / 380C2F3	22133	13812	175640	22133	13812	-175640
	150C1F1 / 150C2F1	5525	3793	44372	5525	3793	-44372
	150C1F2 / 150C2F2	5529	3644	44159	5529	3644	-44159
	150C1F3 / 150C2F3	5533	3453	43910	5533	3453	-43910
1a	Comp. gl	5011	6067	47521	5011	6067	-47521
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2377	4111	26910	2377	4111	-26910
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18412	24513	180840	18412	24513	-180840

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18462	23111	176582	18462	23111	-176582
	380C1F3 / 380C2F3	18528	21312	171391	18528	21312	-171391
	150C1F1 / 150C2F1	4603	6128	45210	4603	6128	-45210
	150C1F2 / 150C2F2	4616	5778	44145	4616	5778	-44145
	150C1F3 / 150C2F3	4632	5328	42848	4632	5328	-42848
1b	Comp. gl	5174	2816	45401	5174	2816	-45401
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2493	1601	22363	2493	1601	-22363
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19133	10981	171285	19133	10981	-171285
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19138	10705	171055	19138	10705	-171055
	380C1F3 / 380C2F3	19144	10352	170786	19144	10352	-170786
	150C1F1 / 150C2F1	4783	2745	42821	4783	2745	-42821
	150C1F2 / 150C2F2	4784	2676	42764	4784	2676	-42764
	150C1F3 / 150C2F3	4786	2588	42697	4786	2588	-42697
3	Comp. gl	20190	9409	123811	20190	9409	-123811
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9976	5720	62320	9976	5720	-62320
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32254	20080	244441	32254	20080	-244441
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32272	19333	243586	32272	19333	-243586
	380C1F3 / 380C2F3	32292	18376	242584	32292	18376	-242584
	150C1F1 / 150C2F1	8064	5020	61110	8064	5020	-61110
	150C1F2 / 150C2F2	8068	4833	60896	8068	4833	-60896
	150C1F3 / 150C2F3	8073	4594	60646	8073	4594	-60646
4	Comp. gl	6762	3061	51515	6762	3061	-51515
Construction/maintenanc	GW / opgw	3288	1710	25262	3288	1710	-25262
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22187	10956	172854	22187	10956	-172854
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22191	10689	172675	22191	10689	-172675
	380C1F3 / 380C2F3	22195	10348	172466	22195	10348	-172466
	150C1F1 / 150C2F1	5547	2739	43213	5547	2739	-43213
	150C1F2 / 150C2F2	5548	2672	43169	5548	2672	-43169
	150C1F3 / 150C2F3	5549	2587	43117	5549	2587	-43117
1a	Comp. gl	3859	1397	31599	3859	1397	-31599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1861	678	15226	1861	678	-15226
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14250	5174	116855	14250	5174	-116855
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14250	5169	116855	14250	5169	-116855
	380C1F3 / 380C2F3	14250	5161	116856	14250	5161	-116856
	150C1F1 / 150C2F1	3562	1293	29214	3562	1293	-29214
	150C1F2 / 150C2F2	3562	1292	29214	3562	1292	-29214
	150C1F3 / 150C2F3	3562	1290	29214	3562	1290	-29214
1b	Comp. gl	3914	1578	36072	3914	1578	-36072
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1889	770	17575	1889	770	-17575
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14497	6007	137241	14497	6007	-137241
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14497	6006	137241	14497	6006	-137241
	380C1F3 / 380C2F3	14497	6004	137241	14497	6004	-137241
	150C1F1 / 150C2F1	3624	1502	34310	3624	1502	-34310
	150C1F2 / 150C2F2	3624	1501	34310	3624	1501	-34310
	150C1F3 / 150C2F3	3624	1501	34310	3624	1501	-34310
3	Comp. gl	18993	5122	116923	18993	5122	-116923
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9418	2548	58077	9418	2548	-58077
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27778	9305	212205	27778	9305	-212205
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27778	9302	212205	27778	9302	-212205
	380C1F3 / 380C2F3	27778	9298	212205	27778	9298	-212205
	150C1F1 / 150C2F1	6944	2326	53051	6944	2326	-53051
	150C1F2 / 150C2F2	6944	2325	53051	6944	2325	-53051
	150C1F3 / 150C2F3	6944	2324	53051	6944	2324	-53051
4	Comp. gl	5512	1897	43378	5512	1897	-43378
Construction/maintenanc	GW / opgw	2687	926	21162	2687	926	-21162
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17573	6216	142035	17573	6216	-142035
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17573	6215	142035	17573	6215	-142035
	380C1F3 / 380C2F3	17573	6213	142035	17573	6213	-142035
	150C1F1 / 150C2F1	4393	1554	35509	4393	1554	-35509

	150C1F2 / 150C2F2	4393	1554	35509	4393	1554	-35509
	150C1F3 / 150C2F3	4393	1553	35509	4393	1553	-35509
6	Comp. gl	3859	1380	31600	3859	1380	-31600
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1861	665	15226	1861	665	-15226
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	380C1F2 / 380C2F2	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	380C1F3 / 380C2F3	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	150C1F1 / 150C2F1	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
	150C1F2 / 150C2F2	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
	150C1F3 / 150C2F3	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
1a	Comp. gl	3706	6647	44599	3706	6647	-44599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1753	4635	27323	1753	4635	-27323
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13599	27124	173862	13599	27124	-173862
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13647	25428	167340	13647	25428	-167340
	380C1F3 / 380C2F3	13714	23248	159166	13714	23248	-159166
	150C1F1 / 150C2F1	3400	6781	43466	3400	6781	-43466
	150C1F2 / 150C2F2	3412	6357	41835	3412	6357	-41835
	150C1F3 / 150C2F3	3428	5812	39791	3428	5812	-39791
1b	Comp. gl	3900	2609	36764	3900	2609	-36764
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1874	1552	18389	1874	1552	-18389
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14427	10354	140467	14427	10354	-140467
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14437	10015	139991	14437	10015	-139991
	380C1F3 / 380C2F3	14449	9582	139433	14449	9582	-139433
	150C1F1 / 150C2F1	3607	2589	35117	3607	2589	-35117
	150C1F2 / 150C2F2	3609	2504	34998	3609	2504	-34998
	150C1F3 / 150C2F3	3612	2395	34858	3612	2395	-34858
3	Comp. gl	18945	9969	118995	18945	9969	-118995
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9366	6211	60465	9366	6211	-60465
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27573	20938	222258	27573	20938	-222258
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27601	20032	220807	27601	20032	-220807
	380C1F3 / 380C2F3	27634	18872	219095	27634	18872	-219095
	150C1F1 / 150C2F1	6893	5235	55565	6893	5235	-55565
	150C1F2 / 150C2F2	6900	5008	55202	6900	5008	-55202
	150C1F3 / 150C2F3	6908	4718	54774	6908	4718	-54774
4	Comp. gl	5503	2884	43784	5503	2884	-43784
Construction/maintenanc	GW / opgw	2678	1672	21643	2678	1672	-21643
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17527	10391	144361	17527	10391	-144361
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17534	10067	144013	17534	10067	-144013
	380C1F3 / 380C2F3	17542	9651	143605	17542	9651	-143605
	150C1F1 / 150C2F1	4382	2598	36090	4382	2598	-36090
	150C1F2 / 150C2F2	4383	2517	36003	4383	2517	-36003
	150C1F3 / 150C2F3	4385	2413	35901	4385	2413	-35901
1a	Comp. gl	3610	11100	62695	3610	11100	-62695
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1715	7924	40888	1715	7924	-40888
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13259	45567	247926	13259	45567	-247926
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13297	42514	235608	13297	42514	-235608
	380C1F3 / 380C2F3	13355	38581	219684	13355	38581	-219684
	150C1F1 / 150C2F1	3315	11392	61981	3315	11392	-61981
	150C1F2 / 150C2F2	3324	10629	58902	3324	10629	-58902
	150C1F3 / 150C2F3	3339	9645	54921	3339	9645	-54921
1b	Comp. gl	3871	3504	38381	3871	3504	-38381
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1846	2234	20148	1846	2234	-20148
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14288	14125	147865	14288	14125	-147865
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14314	13491	146376	14314	13491	-146376
	380C1F3 / 380C2F3	14347	12680	144605	14347	12680	-144605
	150C1F1 / 150C2F1	3572	3531	36966	3572	3531	-36966
	150C1F2 / 150C2F2	3579	3373	36594	3579	3373	-36594
	150C1F3 / 150C2F3	3587	3170	36151	3587	3170	-36151
3	Comp. gl	18846	14124	123934	18846	14124	-123934

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9275	9352	65698	9275	9352	-65698
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27217	30976	243880	27217	30976	-243880
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27280	29295	239654	27280	29295	-239654
	380C1F3 / 380C2F3	27360	27139	234551	27360	27139	-234551
	150C1F1 / 150C2F1	6804	7744	60970	6804	7744	-60970
	150C1F2 / 150C2F2	6820	7324	59914	6820	7324	-59914
	150C1F3 / 150C2F3	6840	6785	58638	6840	6785	-58638
4	Comp. gl	5485	3735	44785	5485	3735	-44785
Construction/maintenanc	GW / opgw	2659	2319	22764	2659	2319	-22764
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17430	14007	149890	17430	14007	-149890
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17449	13398	148762	17449	13398	-148762
	380C1F3 / 380C2F3	17472	12620	147430	17472	12620	-147430
	150C1F1 / 150C2F1	4357	3502	37472	4357	3502	-37472
	150C1F2 / 150C2F2	4362	3350	37190	4362	3350	-37190
	150C1F3 / 150C2F3	4368	3155	36857	4368	3155	-36857
1a	Comp. gl	3733	5786	41388	3733	5786	-41388
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1766	3994	24677	1766	3994	-24677
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13704	23546	160264	13704	23546	-160264
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13751	22118	155043	13751	22118	-155043
	380C1F3 / 380C2F3	13814	20285	148570	13814	20285	-148570
	150C1F1 / 150C2F1	3426	5886	40066	3426	5886	-40066
	150C1F2 / 150C2F2	3438	5529	38761	3438	5529	-38761
	150C1F3 / 150C2F3	3453	5071	37143	3453	5071	-37143
1b	Comp. gl	3904	2440	36556	3904	2440	-36556
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1878	1423	18151	1878	1423	-18151
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14447	9641	139506	14447	9641	-139506
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14454	9358	139168	14454	9358	-139168
	380C1F3 / 380C2F3	14462	8996	138773	14462	8996	-138773
	150C1F1 / 150C2F1	3612	2410	34876	3612	2410	-34876
	150C1F2 / 150C2F2	3614	2339	34792	3614	2339	-34792
	150C1F3 / 150C2F3	3616	2249	34693	3616	2249	-34693
3	Comp. gl	18959	9180	118364	18959	9180	-118364
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9381	5613	59760	9381	5613	-59760
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27629	19030	219318	27629	19030	-219318
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27650	18273	218276	27650	18273	-218276
	380C1F3 / 380C2F3	27674	17303	217052	27674	17303	-217052
	150C1F1 / 150C2F1	6907	4758	54830	6907	4758	-54830
	150C1F2 / 150C2F2	6912	4568	54569	6912	4568	-54569
	150C1F3 / 150C2F3	6918	4326	54263	6918	4326	-54263
4	Comp. gl	5506	2723	43659	5506	2723	-43659
Construction/maintenanc	GW / opgw	2681	1550	21499	2681	1550	-21499
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17541	9708	143658	17541	9708	-143658
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17545	9437	143412	17545	9437	-143412
	380C1F3 / 380C2F3	17551	9090	143126	17551	9090	-143126
	150C1F1 / 150C2F1	4385	2427	35915	4385	2427	-35915
	150C1F2 / 150C2F2	4386	2359	35853	4386	2359	-35853
	150C1F3 / 150C2F3	4388	2272	35781	4388	2272	-35781

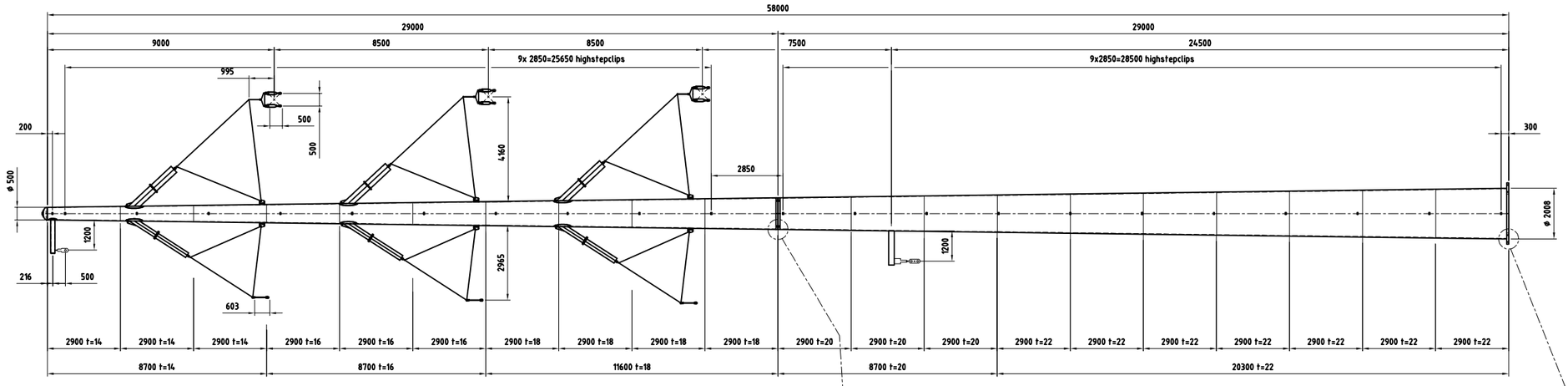
W4S400Z+5 TOWER APPENDIX: AA2

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

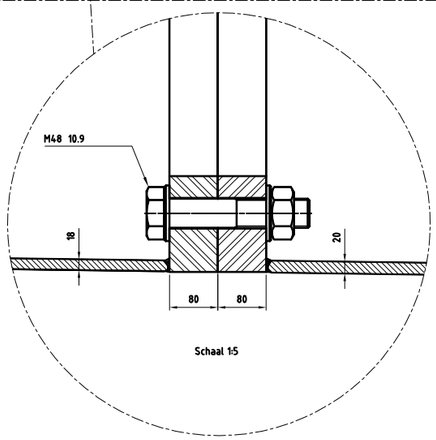
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4281	1519	34520	4281	1519	-34520
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2064	735	16643	2064	735	-16643
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15804	5612	127432	15804	5612	-127432
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15804	5608	127432	15804	5608	-127432
	380C1F3 / 380C2F3	15804	5603	127432	15804	5603	-127432
	150C1F1 / 150C2F1	3951	1403	31858	3951	1403	-31858
	150C1F2 / 150C2F2	3951	1402	31858	3951	1402	-31858
	150C1F3 / 150C2F3	3951	1401	31858	3951	1401	-31858
1b	Comp. gl	4337	1712	39161	4337	1712	-39161
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2094	835	19082	2094	835	-19082
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16058	6490	148420	16058	6490	-148420
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16058	6489	148420	16058	6489	-148420
	380C1F3 / 380C2F3	16058	6488	148420	16058	6488	-148420
	150C1F1 / 150C2F1	4015	1623	37105	4015	1623	-37105
	150C1F2 / 150C2F2	4015	1622	37105	4015	1622	-37105
	150C1F3 / 150C2F3	4015	1622	37105	4015	1622	-37105
3	Comp. gl	14411	4161	95055	14411	4161	-95055
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7123	2064	47087	7123	2064	-47087
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24868	8531	194794	24868	8531	-194794
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24868	8529	194794	24868	8529	-194794
	380C1F3 / 380C2F3	24868	8527	194794	24868	8527	-194794
	150C1F1 / 150C2F1	6217	2133	48698	6217	2133	-48698
	150C1F2 / 150C2F2	6217	2132	48698	6217	2132	-48698
	150C1F3 / 150C2F3	6217	2132	48698	6217	2132	-48698
4	Comp. gl	5385	1860	42552	5385	1860	-42552
Construction/maintenanc	GW / opgw	2616	905	20697	2616	905	-20697
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18030	6342	145038	18030	6342	-145038
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18030	6341	145038	18030	6341	-145038
	380C1F3 / 380C2F3	18030	6340	145038	18030	6340	-145038
	150C1F1 / 150C2F1	4507	1586	36260	4507	1586	-36260
	150C1F2 / 150C2F2	4507	1585	36260	4507	1585	-36260
	150C1F3 / 150C2F3	4507	1585	36260	4507	1585	-36260
1a	Comp. gl	4193	4957	40431	4193	4957	-40431
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1989	3341	22741	1989	3341	-22741
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15410	20023	154097	15410	20023	-154097
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15452	18896	150625	15452	18896	-150625
	380C1F3 / 380C2F3	15505	17453	146405	15505	17453	-146405
	150C1F1 / 150C2F1	3853	5006	38524	3853	5006	-38524
	150C1F2 / 150C2F2	3863	4724	37656	3863	4724	-37656
	150C1F3 / 150C2F3	3876	4363	36601	3876	4363	-36601
1b	Comp. gl	4332	2389	39420	4332	2389	-39420
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2087	1347	19397	2087	1347	-19397
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16030	9341	149636	16030	9341	-149636
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16034	9120	149451	16034	9120	-149451
	380C1F3 / 380C2F3	16039	8837	149235	16039	8837	-149235
	150C1F1 / 150C2F1	4007	2335	37409	4007	2335	-37409
	150C1F2 / 150C2F2	4008	2280	37363	4008	2280	-37363
	150C1F3 / 150C2F3	4010	2209	37309	4010	2209	-37309

3	Comp. gl	14380	7426	96390	14380	7426	-96390
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7090	4533	48641	7090	4533	-48641
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24759	16283	200001	24759	16283	-200001
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24774	15680	199233	24774	15680	-199233
	380C1F3 / 380C2F3	24792	14908	198331	24792	14908	-198331
	150C1F1 / 150C2F1	6190	4071	50000	6190	4071	-50000
	150C1F2 / 150C2F2	6194	3920	49808	6194	3920	-49808
	150C1F3 / 150C2F3	6198	3727	49583	6198	3727	-49583
4	Comp. gl	5381	2515	42730	5381	2515	-42730
Construction/maintenanc	GW / opgw	2612	1399	20915	2612	1399	-20915
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18010	9102	146005	18010	9102	-146005
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18012	8889	145856	18012	8889	-145856
	380C1F3 / 380C2F3	18016	8615	145683	18016	8615	-145683
	150C1F1 / 150C2F1	4502	2276	36501	4502	2276	-36501
	150C1F2 / 150C2F2	4503	2222	36464	4503	2222	-36464
	150C1F3 / 150C2F3	4504	2154	36421	4504	2154	-36421
1a	Comp. gl	4095	7929	50856	4095	7929	-50856
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1938	5558	31528	1938	5558	-31528
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15028	32383	198484	15028	32383	-198484
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15080	30327	190602	15080	30327	-190602
	380C1F3 / 380C2F3	15154	27682	180662	15154	27682	-180662
	150C1F1 / 150C2F1	3757	8096	49621	3757	8096	-49621
	150C1F2 / 150C2F2	3770	7582	47650	3770	7582	-47650
	150C1F3 / 150C2F3	3788	6920	45165	3788	6920	-45165
1b	Comp. gl	4319	2971	40066	4319	2971	-40066
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2073	1791	20141	2073	1791	-20141
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15967	11797	152623	15967	11797	-152623
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15980	11384	152007	15980	11384	-152007
	380C1F3 / 380C2F3	15995	10855	151283	15995	10855	-151283
	150C1F1 / 150C2F1	3992	2949	38156	3992	2949	-38156
	150C1F2 / 150C2F2	3995	2846	38002	3995	2846	-38002
	150C1F3 / 150C2F3	3999	2714	37821	3999	2714	-37821
3	Comp. gl	14316	10228	99620	14316	10228	-99620
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7027	6655	52133	7027	6655	-52133
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24544	22983	211899	24544	22983	-211899
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24584	21857	209512	24584	21857	-209512
	380C1F3 / 380C2F3	24634	20416	206669	24634	20416	-206669
	150C1F1 / 150C2F1	6136	5746	52975	6136	5746	-52975
	150C1F2 / 150C2F2	6146	5464	52378	6146	5464	-52378
	150C1F3 / 150C2F3	6159	5104	51667	6159	5104	-51667
4	Comp. gl	5372	3076	43190	5372	3076	-43190
Construction/maintenanc	GW / opgw	2603	1825	21446	2603	1825	-21446
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	17964	11475	148428	17964	11475	-148428
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17973	11076	147926	17973	11076	-147926
	380C1F3 / 380C2F3	17984	10565	147337	17984	10565	-147337
	150C1F1 / 150C2F1	4491	2869	37107	4491	2869	-37107
	150C1F2 / 150C2F2	4493	2769	36981	4493	2769	-36981
	150C1F3 / 150C2F3	4496	2641	36834	4496	2641	-36834
1a	Comp. gl	4214	4389	38815	4214	4389	-38815
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2003	2913	21209	2003	2913	-21209
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15498	17649	146963	15498	17649	-146963
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15533	16706	144336	15533	16706	-144336
	380C1F3 / 380C2F3	15578	15498	141173	15578	15498	-141173
	150C1F1 / 150C2F1	3875	4412	36741	3875	4412	-36741
	150C1F2 / 150C2F2	3883	4176	36084	3883	4176	-36084
	150C1F3 / 150C2F3	3894	3874	35293	3894	3874	-35293
1b	Comp. gl	4333	2278	39340	4333	2278	-39340
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2089	1263	19302	2089	1263	-19302
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16038	8876	149263	16038	8876	-149263

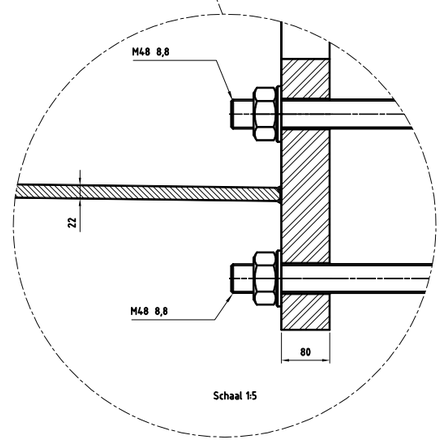
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16041	8691	149133	16041	8691	-149133
	380C1F3 / 380C2F3	16044	8455	148982	16044	8455	-148982
	150C1F1 / 150C2F1	4010	2219	37316	4010	2219	-37316
	150C1F2 / 150C2F2	4010	2173	37283	4010	2173	-37283
	150C1F3 / 150C2F3	4011	2114	37246	4011	2114	-37246
3	Comp. gl	14389	6894	95982	14389	6894	-95982
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7099	4129	48179	7099	4129	-48179
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24790	15013	198449	24790	15013	-198449
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24801	14509	197903	24801	14509	-197903
0	380C1F3 / 380C2F3	24814	13865	197265	24814	13865	-197265
	150C1F1 / 150C2F1	6197	3753	49612	6197	3753	-49612
	150C1F2 / 150C2F2	6200	3627	49476	6200	3627	-49476
	150C1F3 / 150C2F3	6203	3466	49316	6203	3466	-49316
4	Comp. gl	5382	2409	42674	5382	2409	-42674
Construction/maintenanc	GW / opgw	2613	1319	20848	2613	1319	-20848
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18015	8653	145705	18015	8653	-145705
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18017	8474	145601	18017	8474	-145601
	380C1F3 / 380C2F3	18020	8245	145480	18020	8245	-145480
	150C1F1 / 150C2F1	4504	2163	36426	4504	2163	-36426
	150C1F2 / 150C2F2	4504	2119	36400	4504	2119	-36400
	150C1F3 / 150C2F3	4505	2061	36370	4505	2061	-36370



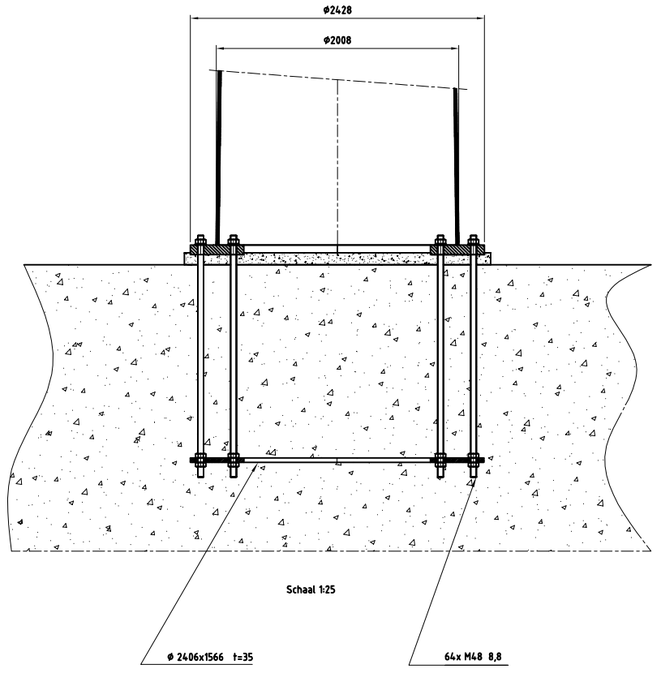
Schaal 1:100



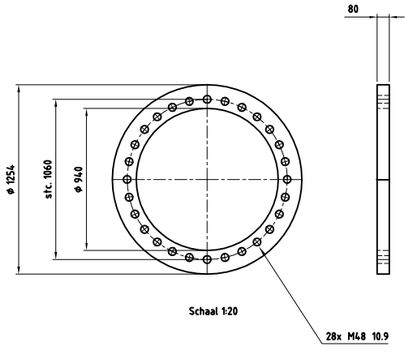
Schaal 1:5



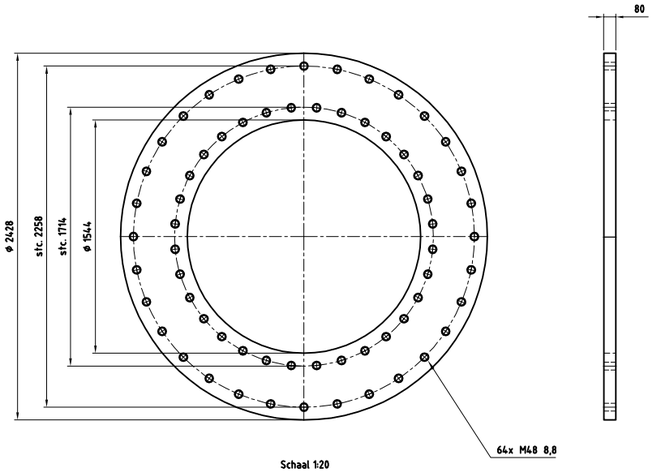
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 1:
Gewicht mastdeel 2:
Totaal gewicht

Benaming: Mast type W4S400Z+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres:
4	30-01-2014	WvL		Materiaal: S 235 JR	Opsteipunt nr:
5	20-02-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS-0004/05 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden