

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland  
Minister van I&M  
Rijkswaterstaat West Nederland Zuid / District Noord  
T.a.v. dhr. P. van Alphen  
Postbus 556  
3000 AN ROTTERDAM

DATUM	6 mei 2014
UW REFERENTIE	000.007.40 0243880
BEHANDELD DOOR	Wenda van Dijk
TELEFOON DIRECT	026 373 29 75
E-MAIL	Wenda.van.Dijk@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	12

**BETREFT** Aanvraag Wbr vergunning Randstad 380kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen) - kruising N11  
Hazerswoude-Rijndijk

Geachte heer van Alphen,

Hierbij ontvangt u een aanvraag om vergunning in het kader van artikel 2 lid 1 Wet beheer rijkswaterstaatwerken ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen).

Om de realisatie van de hoogspanningsverbinding mogelijk te maken, zijn de volgende activiteiten en objecten voorzien bij de rijksweg N11 nabij Hazerswoude-Rijndijk:

- bouw tracédeel Randstad 380kV (mast 133-132) kruisend met de N11;
- verwijdering tracédeel 150kV Leiden-Zoetermeer (mast 62-61) kruisend met N11;
- aanleg ondergrondse 150kV kabelverbinding kruisend met N11.

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 op de 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. 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.
2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerp besluit gereed te hebben.
3. Wij verzoeken u om het ontwerpbesluit en later ook het definitieve besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit aan TenneT verzenden.

De volgende bijlagen maken onderdeel uit van deze aanvraag:

0. Aanvraagformulier (digitaal ingevuld)
1. Tracékaart Randstad 380kV (Bleiswijk-Zuidelijke Ringvaart)
2. Situatietekening met kadastrale aanduiding
3. Lengteprofiel
4. Situatietekeningen met bouwwegen, werkterreinen en opstelplaats mobiele jukken
5. Constructietekeningen masttypen W2H400+5 (mast 132) en W2H400A+10 (mast 133)
6. Statische berekeningen masttypen W2H400+5 (mast 132) en W2H400A+10 (mast 133)
7. Constructietekeningen fundatie wintrackmasten type C
8. Constructieberekeningen fundatie wintrackmasten type C
9. Gegevens jukken ten behoeve van amoveren 150kV en nieuwbouw 380kV
10. Boorplan HDD boring 150kV kabel
11. Tekeningen HDD boring 150kV kabel
12. Rapportage EMC beïnvloedingen

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoeken wij u contact met ons op te nemen. 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	Datum
0	Aanvraagformulier		
1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring	VKT 5.0	12-02-2014
2	Situatietekening met kadastrale aanduiding	RWS-WBR3 N11	30-4-2014
3	Lengteprofiel	30813059-50-13 VKT 5.0 – blad 8 van 11	03-02-2014
4	a. Definitief ontwerp, overzichtstekening mast137-133 b. Definitief ontwerp, overzichtstekening mast132-128 c. Opbouw werkwegen en bouwplaatsinrichting	R3N-TEK-0008 rev9 R3N-TEK-0009 rev9 R3N-TEK-0026 wijz03	24-4-2014 24-4-2014 01-11-2013
5	Constructietekeningen a. masttype W2H400+5 (mast 132) b. masttype W2H400A+10 (mast 133)	MS20120025/06 MS-0004/09	14-08-2012 12-12-2012
6	a. Statische ontwerpberekening masttype W2H400+5 (mast 132) b. Statische ontwerpberekening masttype W2H400A+10 (mast 133)	Revisie 04  Revisie 02	07-02-2014  07-02-2014
7	Constructietekeningen fundatie masten type C	R3N-TEK-0021 rev02	04-10-2013
8	a. Constructieberekeningen fundatie Wintrack masten type C b. Bepaling belasting mastfundaties	R3N-OWR-0005 rev02  R3N-OWR-0033 rev01	2-10-2013  6-8-2013
9	a. Jukkenplan amoveren 150kV b. Jukkenplan nieuwbouw 380kV	R3N-OWR-0013 rev05 R3N-OWR-0037 rev06	04-04-2014 24-04-2014
10	Boorplan HDD11/12 Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan	R3N-OWR-0023 rev03	16-09-2013
11	Definitief ontwerp kabeltrace ondergronds a. HDD_11/12A- Locatie Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan b. HDD_11/12B- Locatie Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan	R3N-TEK-0050 wijz04 R3N-TEK-0077 wijz03	31-03-2014 26-03-2014
12	Rapportage EMC beïnvloedingen	TE121000-R23 AM versie 1.0	13-02-2014

## Inhoudsopgave

0	Aanvraagformulier
Bijlage 1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring VKT 5.0
Bijlage 2	Situatietekening met kadastrale aanduiding RWS-WBR3 N11
Bijlage 3	Lengteprofiel 30813059-50-13 VKT 5.0
Bijlage 4	a. Definitief ontwerp, overzichtstekening mast 137 -133 R3N-TEK-0008 rev9  b. Definitief ontwerp, overzichtstekening mast132-128 R3N-TEK-0009 rev9  c. Opbouw werkwegen en bouwplaatsinrichting R3N-TEK-0026 wijz03
Bijlage 5	a. Masttype W2H400+5 (mast 132) MS20120025/06  b. Masttype W2H400A+10 (mast 133) MS-0004/09
Bijlage 6	a. Statische ontwerpberekening masttype W2H400+5 (mast 132) Revisie 04  b. Statische ontwerpberekening masttype W2H400A+10 (mast 133) Revisie 02
Bijlage 7	Constructietekeningen fundatie masten type C R3N-TEK-0021 rev02
Bijlage 8	a. Constructieberekeningen fundatie Wintrack masten type C R3N-OWR-0005 rev02  b. Bepaling belasting mastfundaties R3N-OWR-0033 rev01

- Bijlage 9            a. Jukkenplan amoveren 150kV  
                              R3N-OWR-0013 rev05
- b. Jukkenplan nieuwbouw 380kV  
                              R3N-OWR-0037 rev06
- Bijlage 10            Boorplan HDD 11/12 Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan  
                              R3N-OWR-0023 rev03
- Bijlage 11            Definitief ontwerp kabeltracé ondergronds
- a. HDD\_11/12A- Locatie Jaagpad I Rijndijk I Spoorbaan  
                                  R3N-TEK-0050 wij04
- b. HDD\_11/12B- Locatie Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan  
                                  R3N-TEK-0077 wij03
- Bijlage 12            Rapportage EMC beïnvloedingen  
                              TE121000-R23 AM versie 1.0



## Aanvraag Wbr beschikking

### Ten behoeve van

Aanvrager is:

Vraagt u de vergunning voor uzelf aan?

### Gegevens Aanvrager

Bedrijfsnaam	<input type="text" value="TenneT TSO B.V."/>		
Voorletter(s) * / Voornaam	<input type="text" value="W.M."/>	<input type="text" value="Wenda"/>	Mevr. <input type="checkbox"/>
Achternaam contactpersoon	<input type="text" value="Dijk"/>		Tussenvoegsel <input type="text" value="van"/>
KVK / BIN	<input type="text" value="09155985"/>		
Adres	<input type="text" value="Utrechtseweg"/>		Nummer <input type="text" value="310"/> Toevoeging <input type="text"/>
Postcode * / Plaats	<input type="text" value="6800 AS"/>	<input type="text" value="Arnhem"/>	Land <input type="text" value="Nederland"/>
Postbusnummer	<input type="text" value="718"/>		
Postcode / Plaats	<input type="text" value="6800 AS"/>	<input type="text" value="Arnhem"/>	Land <input type="text" value="Nederland"/>
E-mail	<input type="text" value="wenda.van.dijk@tennet.eu"/>		
Telefoonnummer	<input type="text" value="026 3732975"/>		Faxnummer <input type="text"/>

### Doel waarvoor de aanvraag geldt

Selecteer het doel waarvoor deze aanvraag geldt.  
 Kabels / leidingen / wegkruisingen (incl. mantelbuizen)

### Tevens eigenaar / eigendom

Zijn de percelen waar u werkzaamheden wilt uitvoeren eigendom van de aanvrager?

Zijn de percelen eigendom van De Staat (zoals Rijkswaterstaat of RVOB (Rijksvastgoed- en Ontwikkelingsbedrijf))?

### Waarom? (doel / belang)

Wat wilt u gaan doen / maken en waarvoor dient het? (maximaal 8 regels gebruiken)

Hoogspanningsverbinding Randstad 380kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen), welke ter plaatse van Hazerswoude-Rijndijk zal kruisen met de N11 (mastnummers 132-133). Tevens zal ter plaatse de bestaande 150kV verbinding (masten 61-62) boven de N11 verwijderd worden. Tenslotte zal een nieuwe ondergrondse 150kV kabelverbinding via een HDD boring worden aangelegd onder de N11.

Wat zijn de specifieke afmetingen van het werk? (maximaal 7 regels gebruiken)

Betreft het aangevraagde werk een uitbreiding / wijziging van een bestaande situatie?

Is er reeds eerder een Wbr vergunning verstrekt?

Nee

## Hoe? (uitvoeringswijze)

Hoe zullen de werkzaamheden worden uitgevoerd? (maximaal 7 regels gebruiken)

- Aanbrengen HDD boring 150kV kabel
- Knippen en verwijderen bestaande 150kV geleiders
- Amoveren 150kV masten
- Heiwerkzaamheden tbv aanbrengen fundamente 380kV masten
- plaatsen 380kV hoogspanningsmasten op fundamente
- aanbrengen geleiders tussen 380kV masten

## Waar? Locatiegegevens / kadastrale gegevens / situatie tekening

Adresgegevens van de locatie

Ten zuidwesten van Hazerswoude-Rijndijk

Gemeente

Alphen aan den Rijn

Postcode

Naam rivier / kanaal / rijksweg / zee (wering) / dijk / meer

N11

Naam loswal / kade / steiger

Kilometrerang

Zijde : N / Z / O / W / Li / Re

N / Z

Kadastrale gegevens bekend bij gemeente . . . , sectie . . . , nummer . . .

zie bijlage 2

X-coördinaat

zie bijlage 4

Y-coördinaat

zie bijlage 4

## Wanneer + periode (instandhouding)

Wat is de gewenste aanvangsdatum van de werkzaamheden?

15-02-2016

Is het resultaat van de werkzaamheden van tijdelijke of permanente aard? Permanent

## Kostprijs / raming van de werkzaamheden (leges)

Wat is de kostprijs of raming van de kosten (exclusief BTW) van het aangevraagde werk?

> EUR 2400,-

## Bijlagen

Tracégegevens (route - positielijst - diepteligging)

1358470\_bijlage\_2\_situatiekaart\_incl\_kadaster.pdf

Bijlage(n) gestuurde boring / persing conform richtlijn boortechniek versie januari 2004

1358471\_bijlage\_10\_R3N-OWR-0023-03\_Boorplan-HDD11-12\_Jaagpad-Rijndijk-Spoorbaan.pdf

Situatietekening (algemeen)

1358472\_bijlage\_2\_situatiekaart\_incl\_kadaster.pdf

Kadastrale gegevens (algemeen)

1358473\_bijlage\_2\_situatiekaart\_incl\_kadaster.pdf

Specificatie van gewenste wijzigingen en bijbehorende vergunning(en) (datum en nummer)

Ik verklaar hierbij deze **aanvraag** naar waarheid te hebben ingevuld.

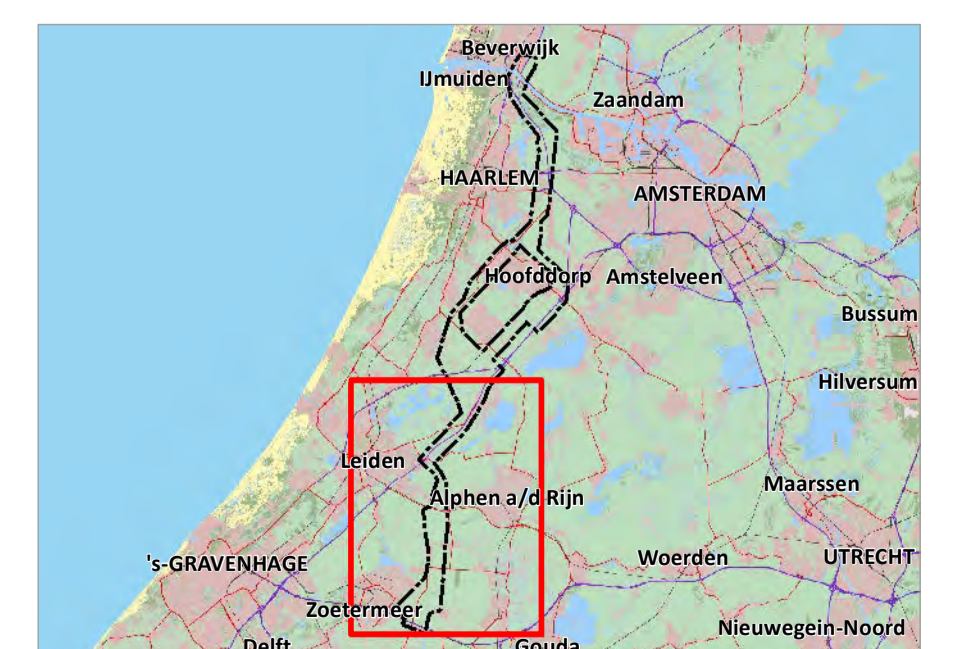
Bijlage 1  
Tracékaart Randstad 380 kV  
Noordring





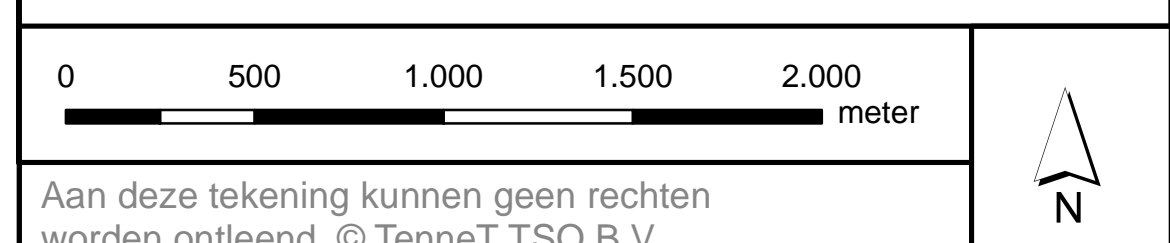
**Randstad 380 kV Noordring VKT 5.0 Bleiswijk - Zuidelijke ringvaart**

- Legenda**
- █ Mastvoet
  - █ 380kV bovengronds (solo)
  - █ 380kV bovengronds (combi)
  - █ 380kV boring
  - █ 380kV open ontgraving
  - █ 150kV boring
  - █ 150kV open ontgraving
  - █ Opstijppunt
  - PKB corridor
- Bestaande verbindingen**
- █ 380kV bovengronds
  - █ 150kV bovengronds
  - - - 150kV ondergronds
  - x x x 150kV te overnemen



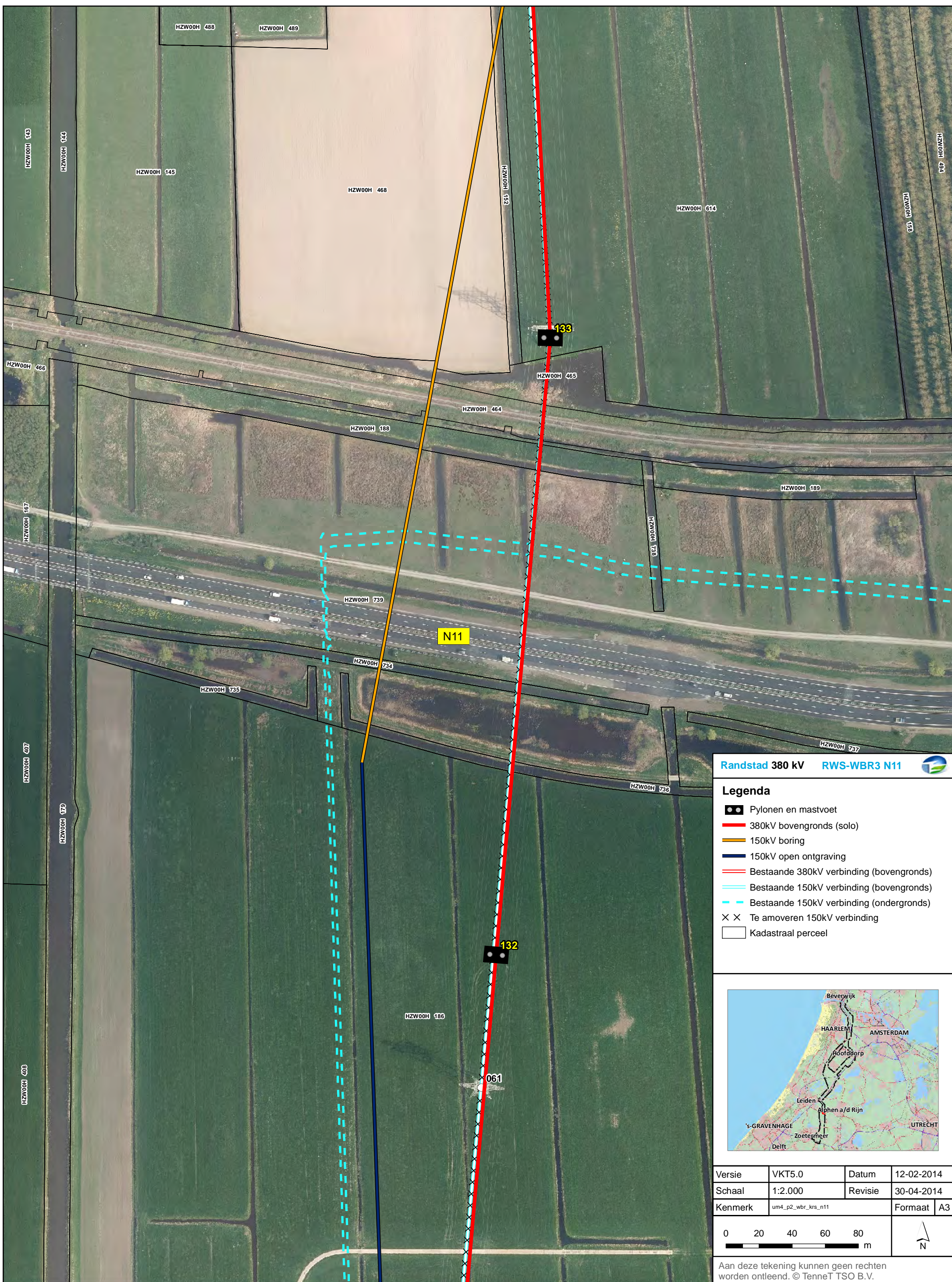
Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	25-06-2013	Formaat	A0
Revisiedatum	12-02-2014	Schaal	1:20.000
Kenmerk	VKT5.0	Blad	1 van 1

A:\p\_380\producten\overzicht\tracé\ Noordring\130619\_vkt50\p\_380\_ovzr\_vkt50\_bleiswijk\_zuidelijke\_ringvaart\_006.mxd



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

Bijlage 2  
Situatietekening met kadastrale  
aanduiding



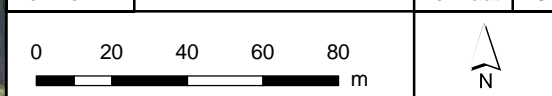
Randstad 380 kV RWS-WBR3 N11

**Legenda**

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

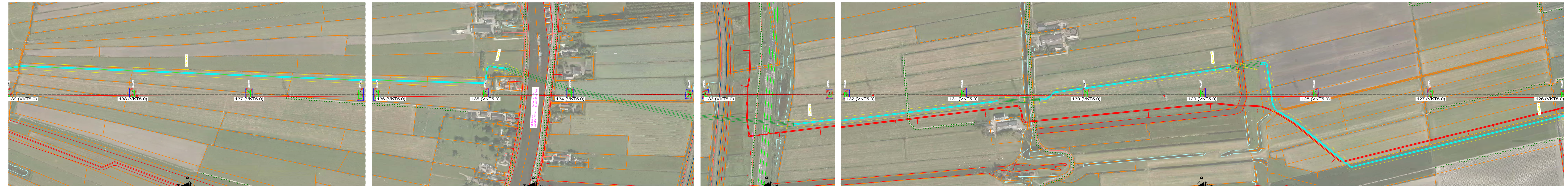


Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:2.000	Revisie	30-04-2014
Kenmerk	um4_p2_wbr_krs_n11	Formaat	A3

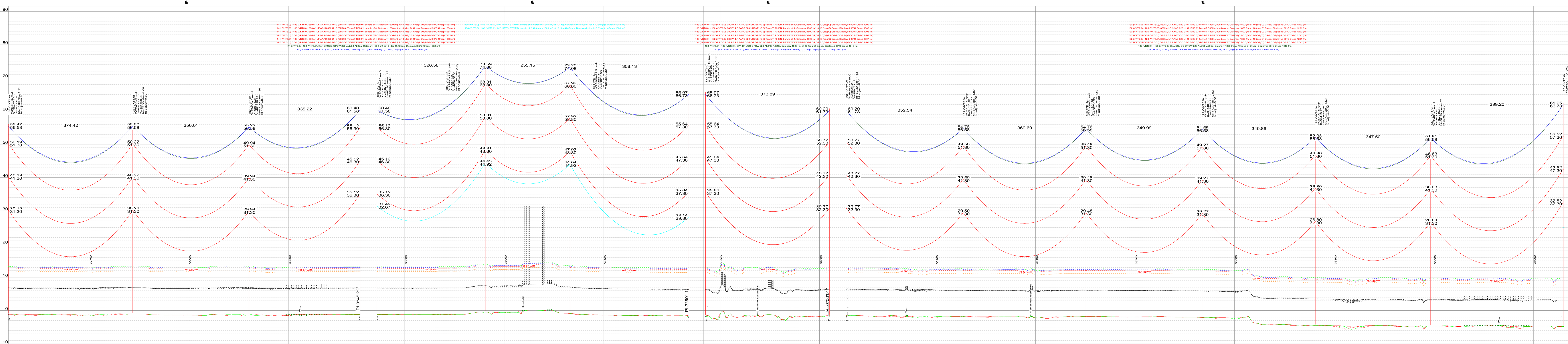


Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Bijlage 3  
Lengteprofiel Randstad 380 kV  
Noordring



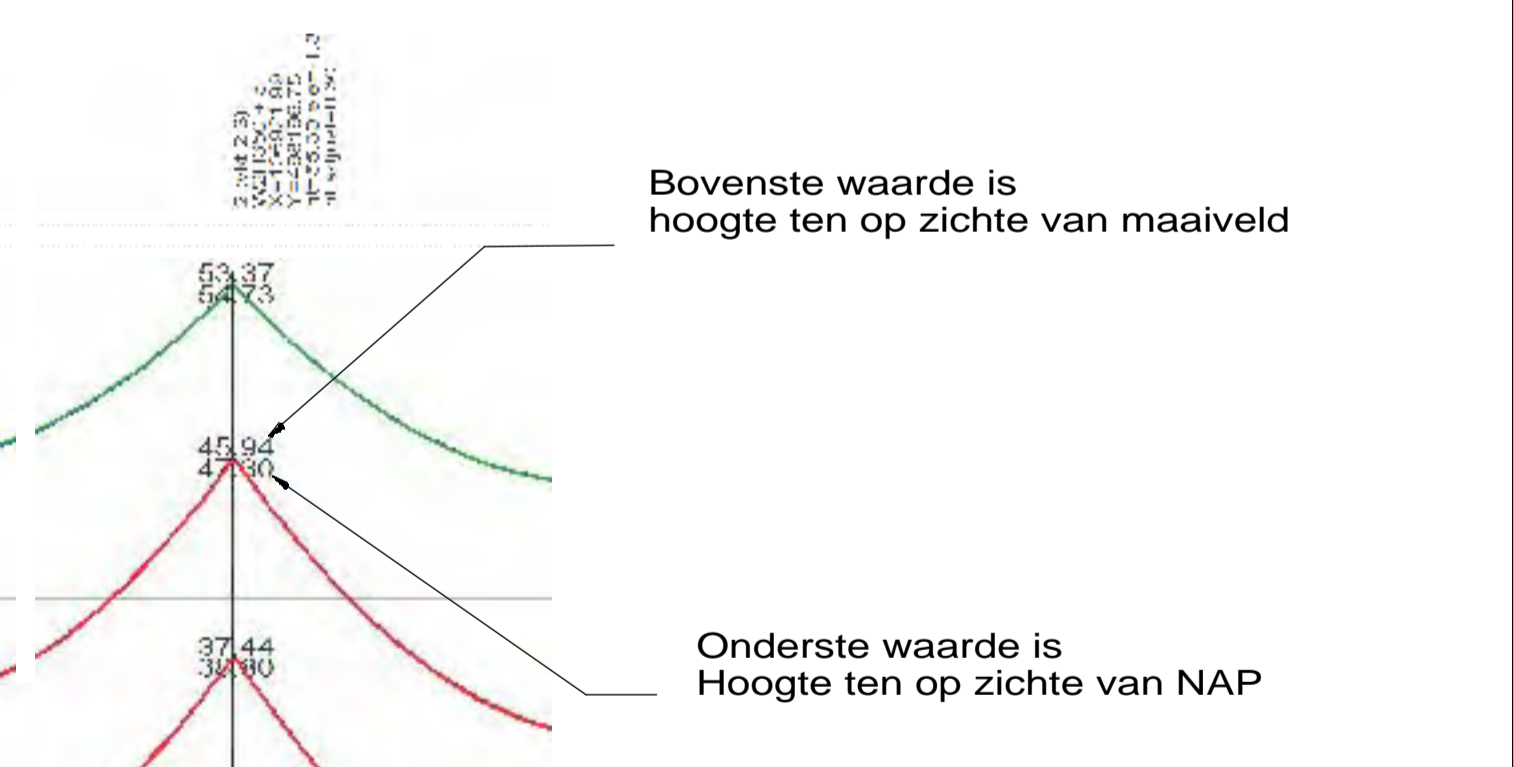
Legenda		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Feature Code	Feature code	Description	Symbol	Height	Width	Color	Line Style	Line Weight	Line Color	Line Style	Line Weight	Line Color
1	Ordeboek/Landbouwgebied			7.85	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Industrieel gebied			8.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Vegetatie			3.35	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Water (daling < 10%)			3.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Water (daling < 10%)			3.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Water			7.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Land en openbaar gebied			6.35	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Strongeten en aanleggen			10.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Beveiligings zone			1.35	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Beveiligings zone			1.35	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Waterwegen V&N 15 meter			15.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Waterwegen V&N 15 meter			23.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Waterwegen V&N 15 meter			29.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Waterwegen V&N 15 meter			31.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Water			6.35	2.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Landbouw, openbaar, bosbouw o.a.			3.35	3.00	0.0	Solid	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00



- Compensatie geleider
- Bekabelingskabel
- OPGW
- 150kV
- 380kV
- 13.0 meter i.v.m. 5kV/m WZ, 300m masten
- 14.2 meter i.v.m. 5kV/m WZ, 300m masten
- 14.4 meter i.v.m. 5kV/m WZ, 400m masten
- 14.4 meter i.v.m. 5kV/m WZ, 400m masten
- Minimale vrije ruimte voor 450V (overbouw)

Project: Randstad 380kV Noord Engineering  
 Hoogspanningslijn: 150-380kV Bleiswijk - Vijfhuizen  
 Calculaties volgens:  
 - NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)  
 = Ternet specificaties  
 Wind zone: Zone 2  
 Vr = 22.5 m/s  
 Z(0m) = 0.2  
 Ci bij beitsde geleider = 1.2  
 Ijs regio = B  
 Voor fasen geldt 1.8°v(d)  
 Voor overige geleiders geldt 5°v(d)

LEGENDA onderleggers  
 Waterleidingen  
 Kabels en leidingen  
 Perceelgrenzen  
 Waterkeringen en beschermzones

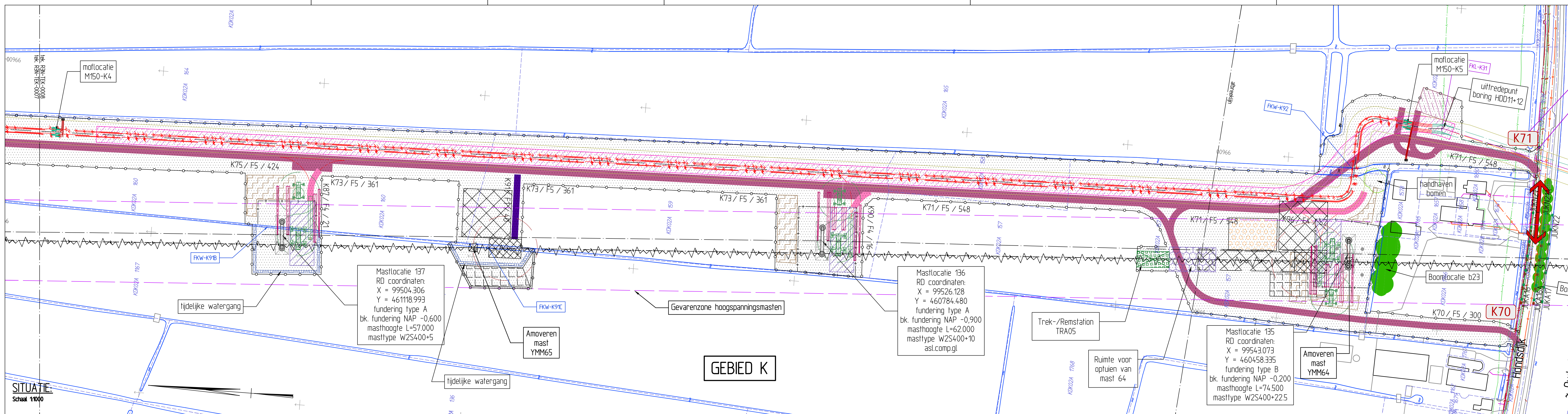


Bovenste waarde is hoogte ten op zichte van maaiveld  
 Onderste waarde is Hoogte ten op zichte van NAP

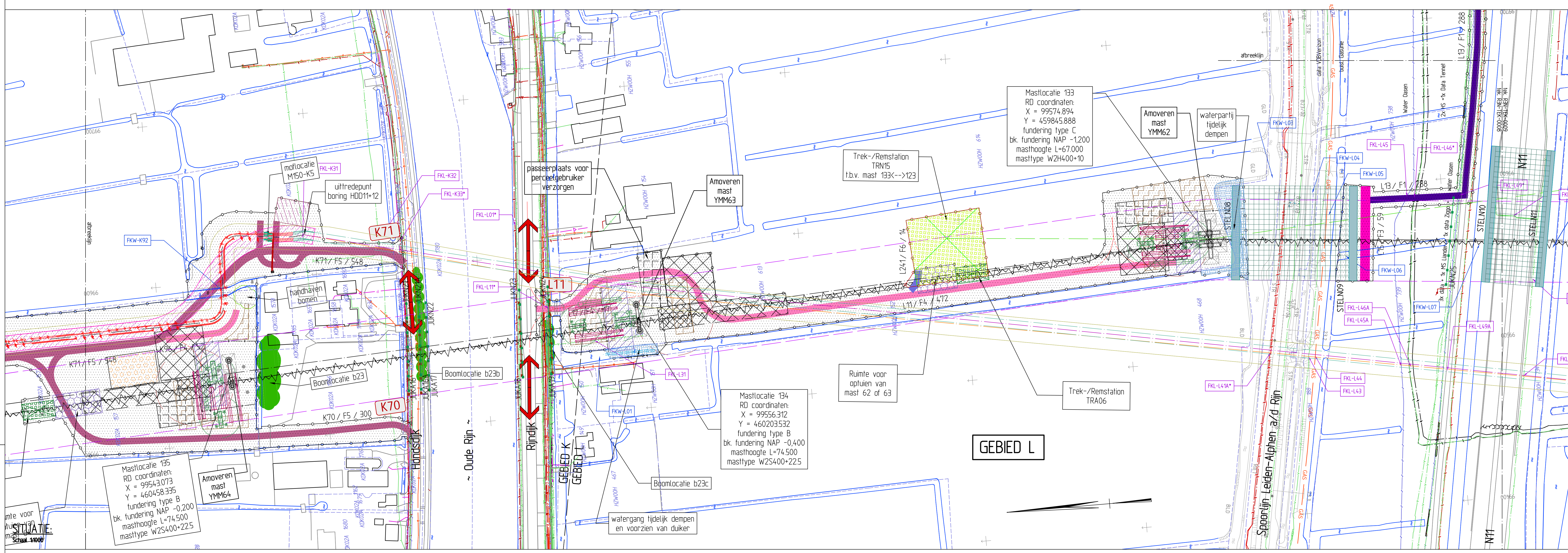
Rev.	Wijziging	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering	Uitvoering
0.0	Uitvoering V&N 15 meter	134	137	141	145	149	153	157	161
0.0	Uitvoering V&N 15 meter	134	137	141	145	149	153	157	161
0.0	Uitvoering V&N 15 meter	134	137	141	145	149	153	157	161
0.0	Uitvoering V&N 15 meter	134	137	141	145	149	153	157	161
0.0	Uitvoering V&N 15 meter	134	137	141	145	149	153	157	161

Bijlage 4a

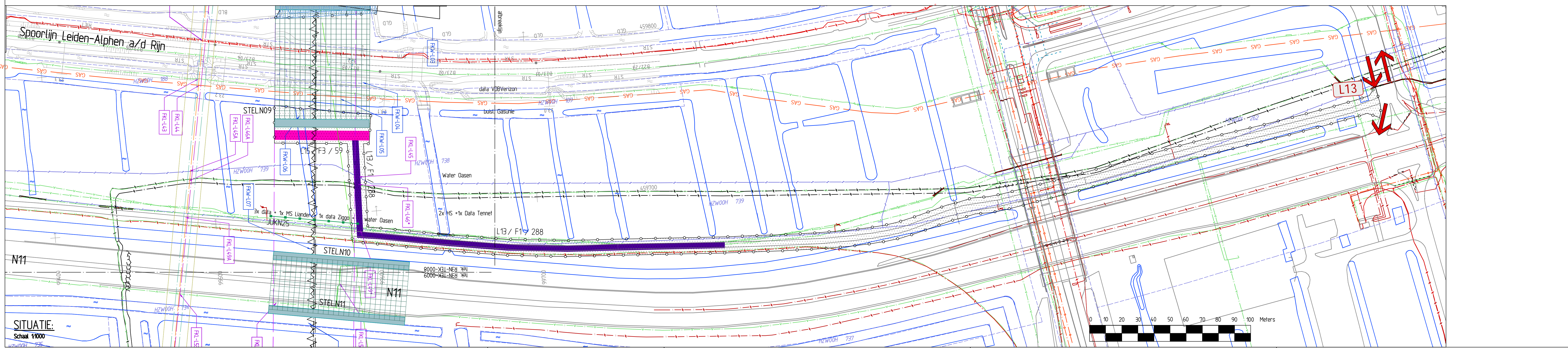
Overzichtstekening mast 137-133



- ### VERKLARING - ALGEMEEN
- Bestaande topografie
  - Waterlijn
  - Kadastrale grens en sectie/parceelnummer, uit bestand Kadaster, ds\_2, Zeld.Ringvaart\_1995.DWG (Tennet)
  - Abtreklijn
  - As-lijn
  - Gemeentegrens (2010)
- ### VERKLARING - KLIC
- Gasleiding
  - Gasleiding gasruite
  - Gasleiding hd
  - Gasleiding ld
  - Waterleiding
  - Wamnet
  - Koudeket
  - Chemie
  - Brandstof transportleiding
  - Rolring transportleiding
  - Hetelwater transportleiding
  - Vulwater transportleiding
  - Drainage
  - Persleiding
  - Vacuümlleiding
  - Duker
  - Straalkoek
  - Trottoirkoek
  - Hwa put
  - Vwa put
  - Drainage put
  - Persleiding nodput
  - Persleiding pompput
  - Genaal
  - Manelbus
  - Glaevezel
  - Cal
  - Data
  - Hoopspanning
  - Midderspanning
  - Laagspanning
  - Vin (verkeersregelinstalatie)
  - Ov (openbare verlichting)
  - Prorol overleg
  - Kabelkoker
  - Gestuurde boring dertien
  - Zinker
  - Lichtmast
- ### VERKLARING - LEIDINGWERK
- Aanbrengen kabel 150 kV
  - Aanbrengen kabel 380 kV
  - Aanbrengen las met Aanbrengen ondergrondse aandrijfpout verbinding met aandrijfkabels naar mt
  - Aanbrengen bovengronds combi trace
  - Aanbrengen bovengronds trace 380 kV
  - Gevevenszone bestaand bovengronds kabeltrace
  - Beschikbare ruimte om kabels te plaatsen
  - Te verwijderen bovengronds trace 150 kV
  - Verwijderen kabel 150 kV (hergebruik)
  - Aanbrengen gestuurde boring 150 kV
  - Aanbrengen gestuurde boring 380 kV
  - Aanbrengen gestuurde boring 380 kV
  - Verleggen manelbus met glaevezel
  - Ontsluitingsput met straatpot bij afbreng manelbus boring 380kV



- ### VERKLARING - CIVIEL
- Nummer bouwtype (K75 / FS / 374) / type bouwtype (FS) / lengte in meters (G74)
  - Bouwtype type F1, ripaten lengterichting op maalveld
  - Bouwtype type F2, ripaten lengterichting zandbed en dek
  - Bouwtype type F3, ripaten dwarsrichting zandbed en dek
  - Bouwtype type F4, ripaten lengterichting op houtstappers en dek
  - Bouwtype type F5, ripaten dwarsrichting op houtstappers en dek
  - Bouwtype type G1, funderingslaag, dek, zandbed, dek
  - Bouwtype type G2, funderingslaag en dek op bestaande verharding
  - Permanente looegangsweg type H1, klinker/verharding, straatlaag, funderingslaag en zandbed
  - Indicatie ventlatiegeveens mast/raampot op werken/bestralen tot R=20m
  - Tijdelijke verharding middels ripaten
  - Indicatie weggevens
  - wegrichting (barrier)
  - reïturbevestigingsputten
  - reïturbevestigingsputten van bron naar reïturbevestigingsputten
  - Indicatie bodestoel werken
  - Reservering opstelplaats
  - Reservering grondopslag of ontgravingen
  - Tijdelijke verharding bouwwerren van zand met ripaten
  - Tijdelijk of permanent dempen van watergang
  - Bouwket
  - indicatieve ontgravinglijn voor aanleg fundering
  - funderingsconstructie
  - ludraden tijdelijk mastpostak
  - Zone opstelplaats kraan ca. 12x20m
  - Zone montageplaats portaal ca. 30x30m
  - Aandrijving kabel/leidingstruwing met bouwgeven en/of leidingtrace
  - Aandrijving meerdere kabel/leidingstruwingen met bouwgeven en/of leidingtrace
  - Aandrijving kruising watergang met bouwgeven en/of leidingtrace
  - Rem-/trekstation voor te amoveren bovengronds hoopspanningsverbinding
  - Trek-/Remstation voor tijdelijk bovengronds hoopspanningsverbinding
  - Ligging buitenste bovengronds kabel tijdelijk hoopspanningslijnen
  - Operabele vegaansluiting (met m.r.)
  - Rotlering bouwwerker
  - Gebied met te verwijderen bossage en/of bomen, km, bouwwerkzaamheden
  - Gebied met te verwijderen bossage en/of bomen, km, zakkelijk recht bovengronds hoopspanningsverbindingen
  - Juk voor aanbrengen van bovengronds hoopspanningsverbinding ter afscherming van obstakels (door dertien)
  - Afscherming obstakels voor aanbrengen hoopspanningsverbinding dmv. een net en stelling (door dertien)
  - Afscherming obstakels voor amoveren hoopspanningsverbinding dmv. een net en stelling
  - Afscherming obstakels voor amoveren hoopspanningsverbinding dmv. een net en kraanspelling
  - Juk voor amoveren van bovengronds hoopspanningsverbinding ter afscherming van obstakels
  - Stelling (door dertien)
  - 1bx aanbrengen van een net over obstakels (door dertien)
  - STELN02
  - Bouwtype type F6, verharding t.b.v. trek-/remstations
  - trek-/remstation
  - Trek-/Remstation voor nieuwe bovengronds hoopspanningsverbinding
  - Indicatie bodestoel werken voor de aanleg van Trek-/Remstations voor nieuwe bovengronds hoopspanningsverbinding



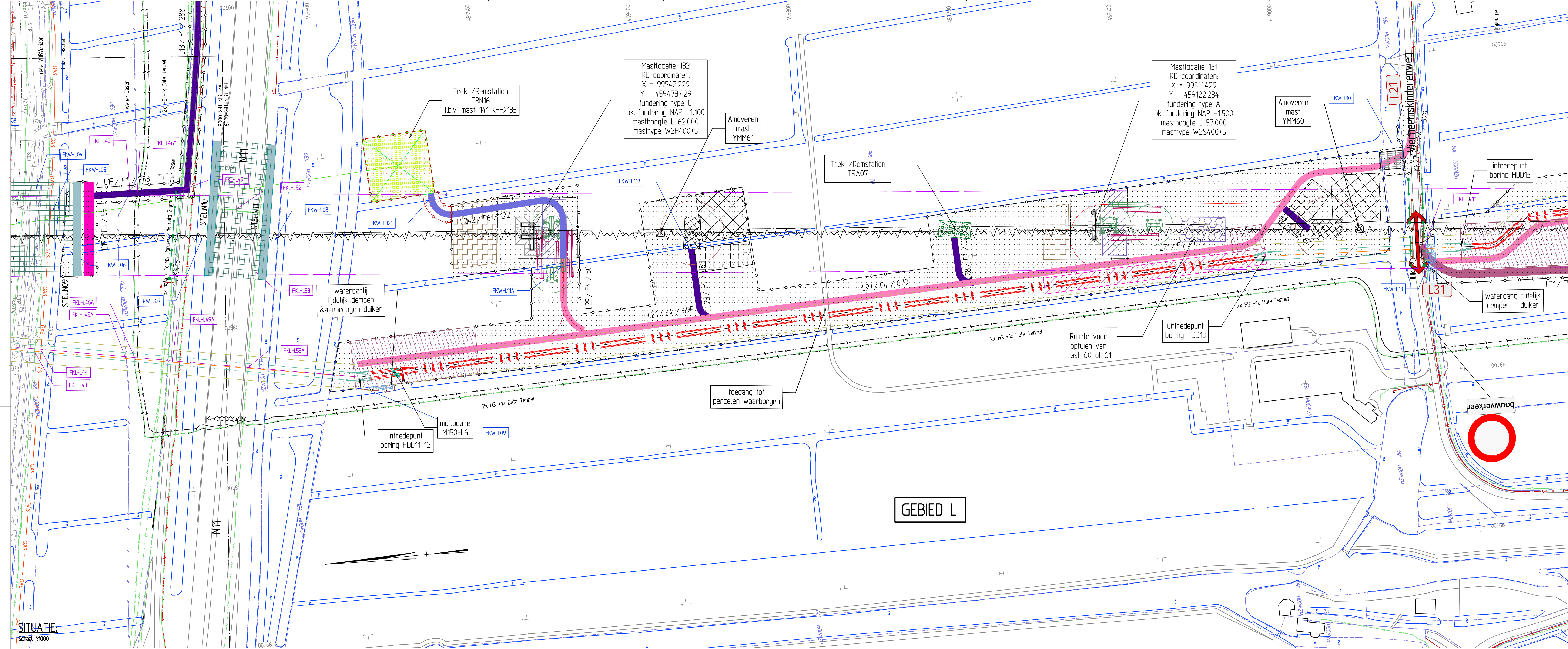
### TOPOGRAFISCH FRAGMENT

Combining Knowledge and Experience		P. de Jager		E. Duvel	
<b>bam</b>		Contractor		Uitvoerder	
Randsstad 380kV Noordring		3 de wijzigingen		24-4-2011	
Definitief Ontwerp		4 de wijzigingen		1-4-2011	
Algemeen		1 de wijzigingen		15-3-2011	
Oversichts-tekening, blad 9 van 20 (mast 137-133)		Rev. Wijzigingen		Datum	
Schaal: 1:1000		Firma: A3		Naam	
Project: Randsstad 380kV Noordring		Naam: R.G.J. Caspers		Datum: 19-7-2010	
<b>Tennet</b>		Telefoonnummer: R3N-TEK-0008		Blad 001	
Aan/af Hoofde:		Saver:			

Bijlage 4b

Overzichtstekening mast 132-128





### VERKLARING - ALGEMEEN

- Bestaande topografie
- Waterlijn
- Kadastrale grens en sacche/parceelnummer, uit Bestand Kadaster, ds\_2, Zeld. Ringvaart\_1995.dwg (Tennet)
- Abtneeklijn
- AS-lijn
- Gemeentegrens (2010)

### VERKLARING - KLIC

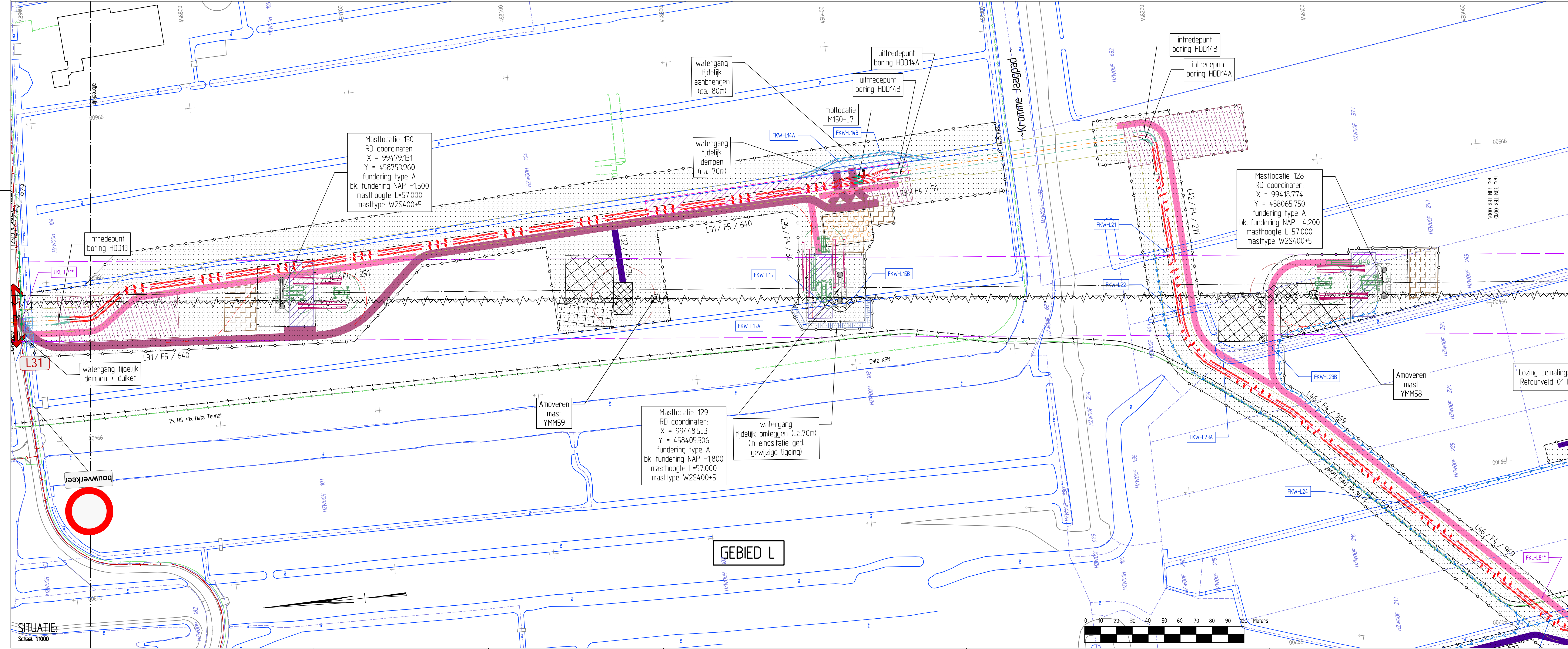
- Gasleiding
- Gasleiding gasruite
- Gasleiding hd
- Gasleiding ld
- Waterleiding
- Wamtenet
- Koudnet
- Chemie
- Brandstof transportleiding
- Rolring transportleiding
- Hemelwater transportleiding
- Vulwater transportleiding
- Drainage
- Persleiding
- Vacuitleiding
- Duker
- Straalkoek
- Trottoirkoek
- Hwa put
- Vwa put
- Drainage put
- Persleiding noodput
- Persleiding pompput
- Gemaal
- Mantelbus
- Glaavezet
- Cal
- Data
- Hoopspanning
- Midderspanning
- Laagspanning
- Vin (verkeersregelinstell)el
- Dv (openbare verlichting)
- Prraal overleg
- Kabelkoker
- Gestuurde boring denden
- Zinker
- Lichtmast

### VERKLARING - LEIDINGWERK

- Aanbrengen kabel 150 kV
- Aanbrengen kabel 380 kV
- Aanbrengen las met
- Aanbrengen aendergronnde aardingsput verbinding met aardingskabels naar net
- Aanbrengen bovengronds combi trace 150 kV - 380 kV
- Aanbrengen bovengronds kabeltrace 380 kV
- Severanzone bestaand bovengronds kabeltrace
- Beschikbare ruimte om kabels te plaatsen
- Te verwijderen bovengronds trace 150 kV
- Verwijderen kabel 150 kV
- Verwijderen kabel 150 kV (hergebruik)
- Bestaande te handhaven kabel 150 kV
- Aanbrengen gestuurde boring 150 kV
- Aanbrengen gestuurde boring 380 kV
- Aanbrengen gestuurde boring 380 kV
- Verleggen mantelbus met glaavezetkabel
- Ontluuchtingsput met straatput bij uiterste mantelbus boring 380kV

### VERKLARING - CIVIEL

- Numeren bouwweg (K75) / type bouwweg (F5) / lengte in meters (G74)
- Bouwweg type F1, ripiaten lengterichting op maaiweld
- Bouwweg type F2, ripiaten lengterichting zandbed en dek
- Bouwweg type F3, ripiaten dwarsrichting zandbed en dek
- Bouwweg type F4, ripiaten lengterichting op houtsnippers en dek
- Bouwweg type F5, ripiaten dwarsrichting op houtsnippers en dek
- Bouwweg type G1, funderingslaag, dek, zandbed, dek
- Bouwweg type G2, funderingslaag en dek op bestaande verharding
- Permanente toegangsweg type H1, klinkerverharding, straatlaag, funderingslaag en zandbed
- Indicatie ventlatiegeweg, masttransport op werken/buizen bochtstralen tot R=20m
- tijdelijke verharding middels ripiaten
- Indicatie werkergrens
- wegafzetting (barrier)
- reurbemalingsbuisen van bron naar reurbemalingsputten
- Indicatie benodigd werken
- Reserveering kabel-/leidingruimte met bouwweg en/of leidingtrace
- Reserveering grondopslag of ontgravingen
- Tijdelijke verharding bouwwerren van zand met ripiaten
- Tijdelijk permanent dempen van watergang
- Bouwhok
- Grens onderbouwbed opspitting
- Zone reurbemalingsput ca. 30x30m
- Werkruimte (bv. montage & trekken mantelbuisen in boringen)
- Zone kraan amoveren mast opstellruimte ca. 10x20m
- Zone afbraak mastkop ca. 5x35m
- Zone afbraak mastchaam ca. 30x30m
- Reserveering voor ketenverren



- indicatieve ontgravinglijn voor aanleg fundering
- funderingsconstructie
- uitdraden tijdelijk mastportaal
- Zone opstellplaats kraan ca. 12x20m
- Zone montageplaats portaal ca. 30x30m
- Aanduiding kabel-/leidingruimte met bouwweg en/of leidingtrace
- Aanduiding kruising watergang met bouwweg en/of leidingtrace
- Rem-/trekstation voor te amoveren bovengrondsde hoopspanningsverbinding
- Trek-/remstation voor tijdelijk bovengrondsde hoopspanningsverbinding
- Liggend buitenste bovengrondsde kabel tijdelijke hoopspanningslijnen
- Roelring bouwwerker

### J41

- Operbare vegansliding (met m.)
- Gebied met te verwijderen bossage en/of bomen, km, bouwwerkzaamheden
- Gebied met te verwijderen bossage en/of bomen, km, zakkelijk recht bovengrondsde hoopspanningsverbindingen

### JUKN01

- Juk voor aanbrengen van bovengrondsde hoopspanningsverbinding ter afscherming van obstakels (door denden)
- Afscherming obstakels voor aanbrengen hoopspanningsverbinding d.n.v. een net en stelling (door denden)
- Afscherming obstakels voor amoveren hoopspanningsverbinding d.n.v. een net en stelling
- Afscherming obstakels voor amoveren hoopspanningsverbinding d.n.v. een net en kraanopstelling

### JUKA04

- Juk voor amoveren van bovengrondsde hoopspanningsverbinding ter afscherming van obstakels
- Stelling (door denden)
- 1bx. aanbrengen van een net over obstakels (door denden)

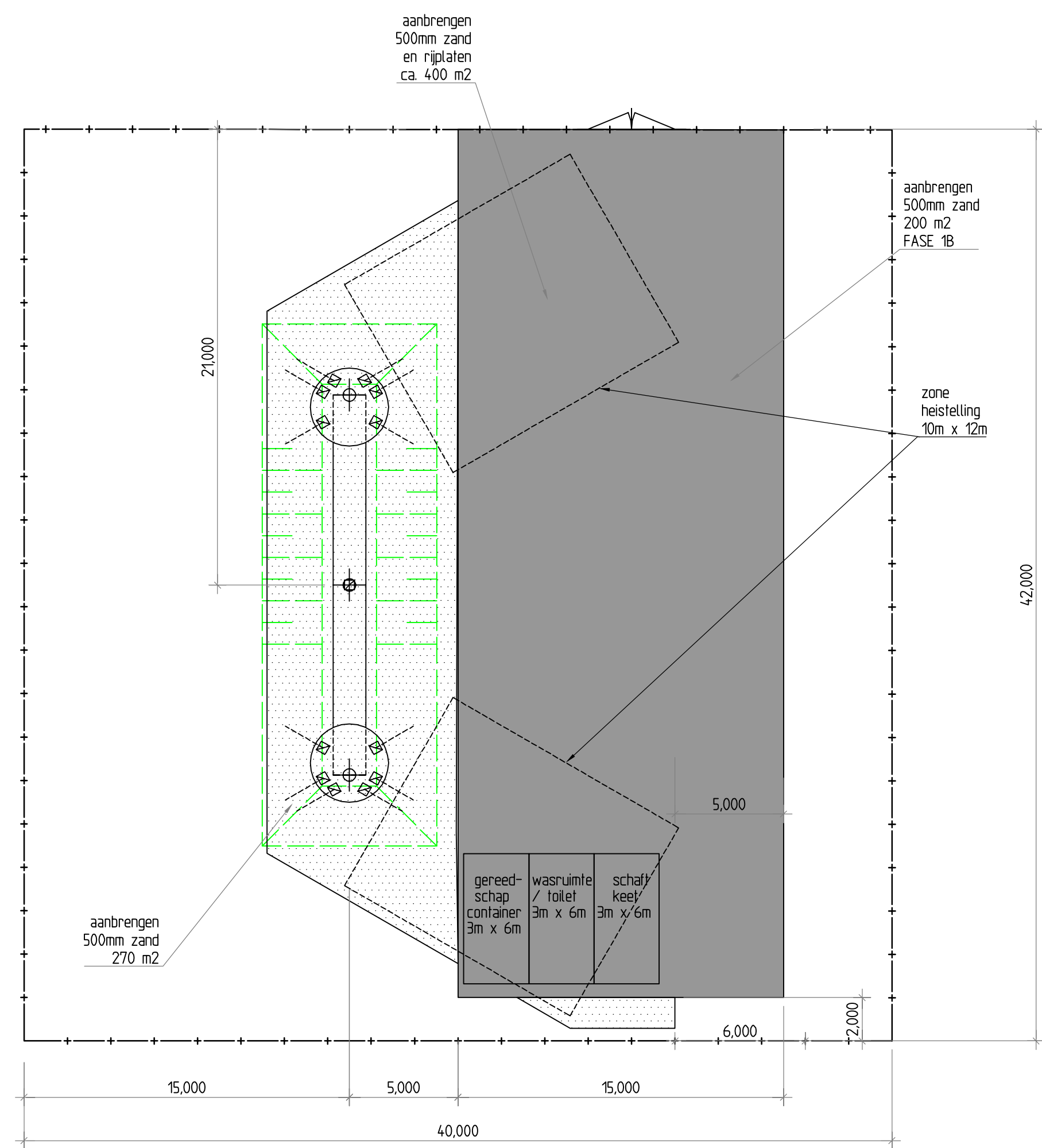
### STELN02

- Bouwweg type F6, verharding t.d.v. trek-/remstations
- trek-/remstation
- Trek-/remstation voor nieuwe bovengrondsde hoopspanningsverbinding
- Indicatie benodigd werken voor de aanleg van Trek-/remstations voor nieuwe bovengrondsde hoopspanningsverbinding

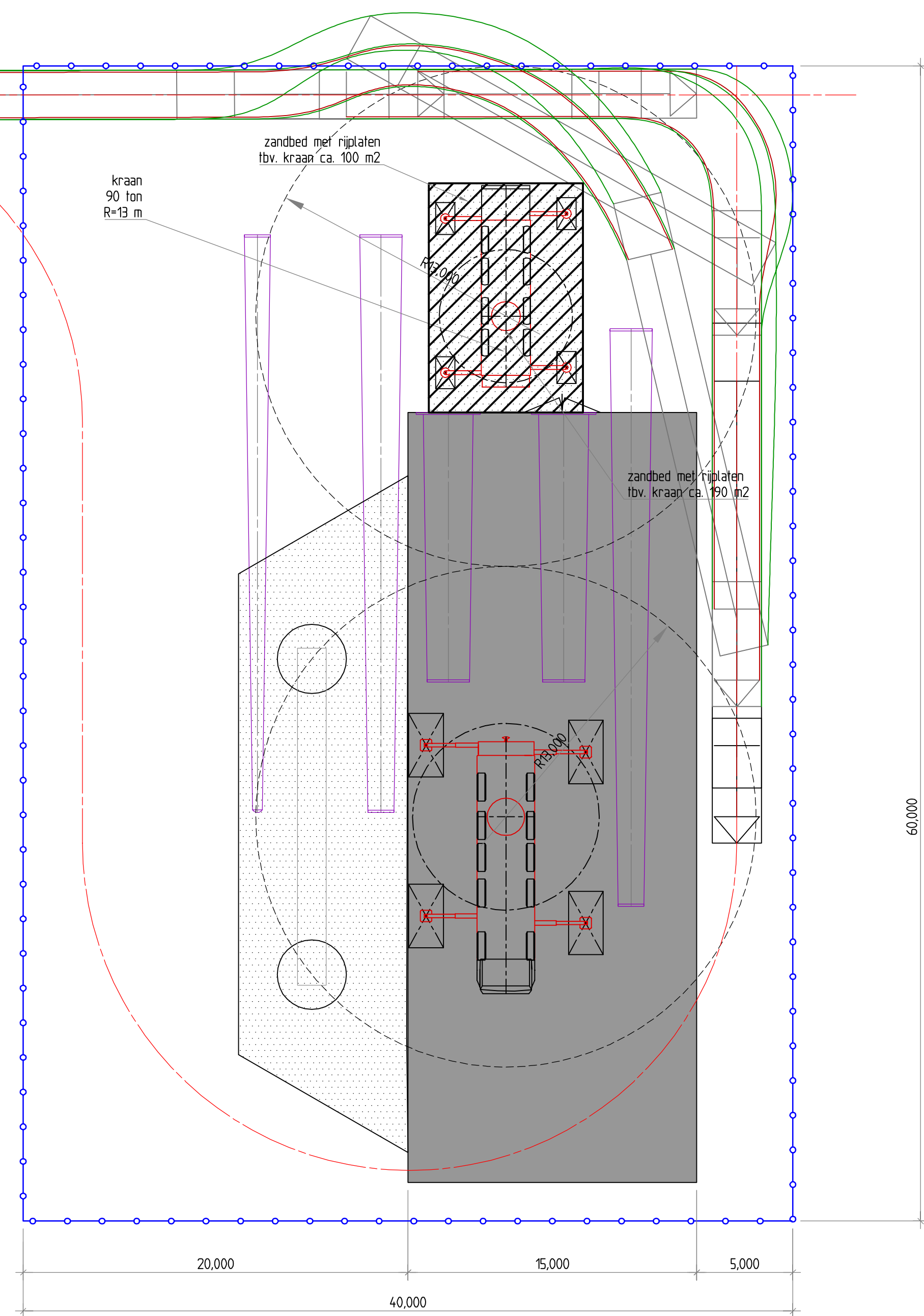
### TOPOGRAFISCH FRAGMENT

Schaal 1:50.000

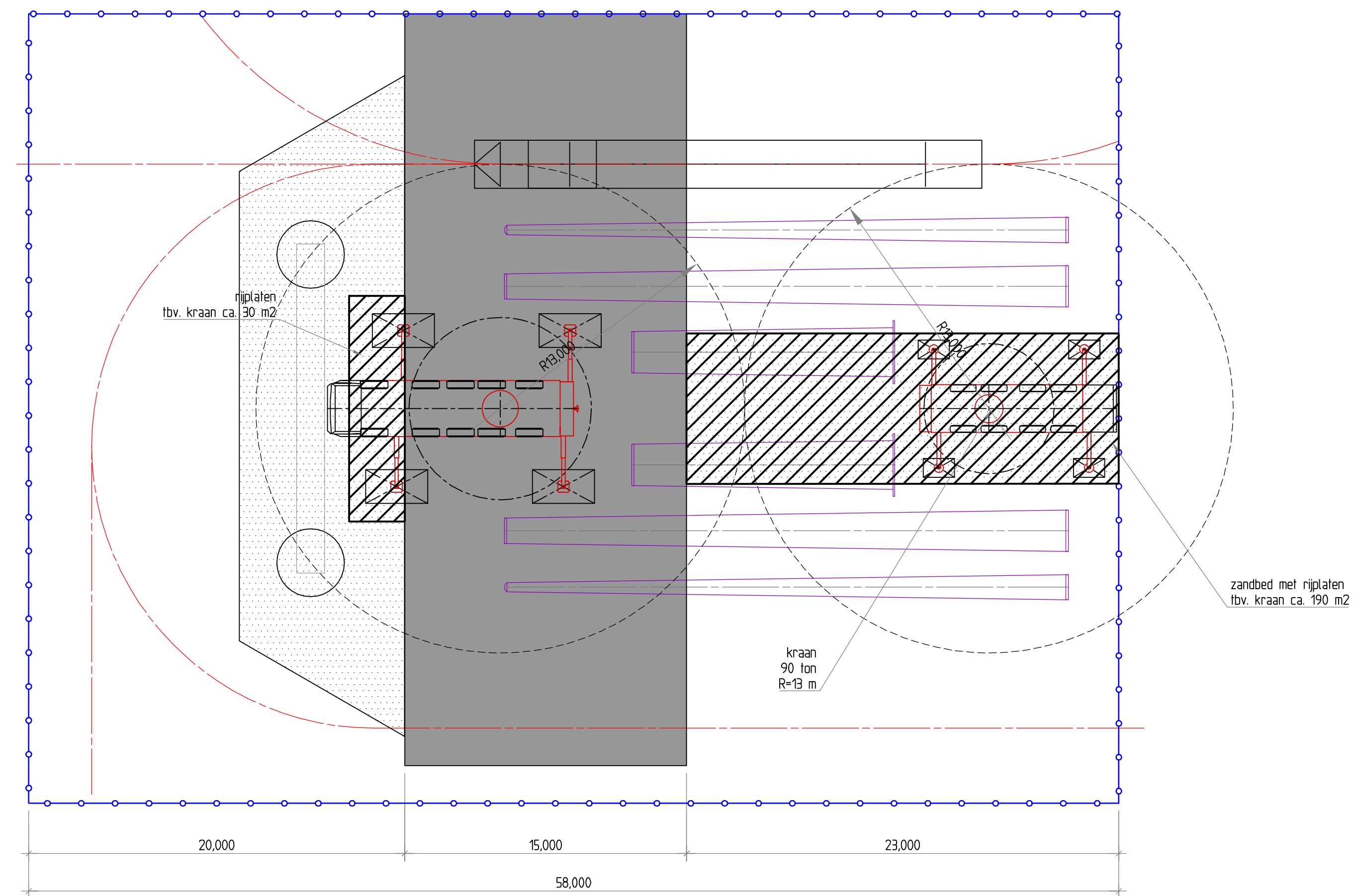
Bijlage 4c  
Bouwplaatsinrichting



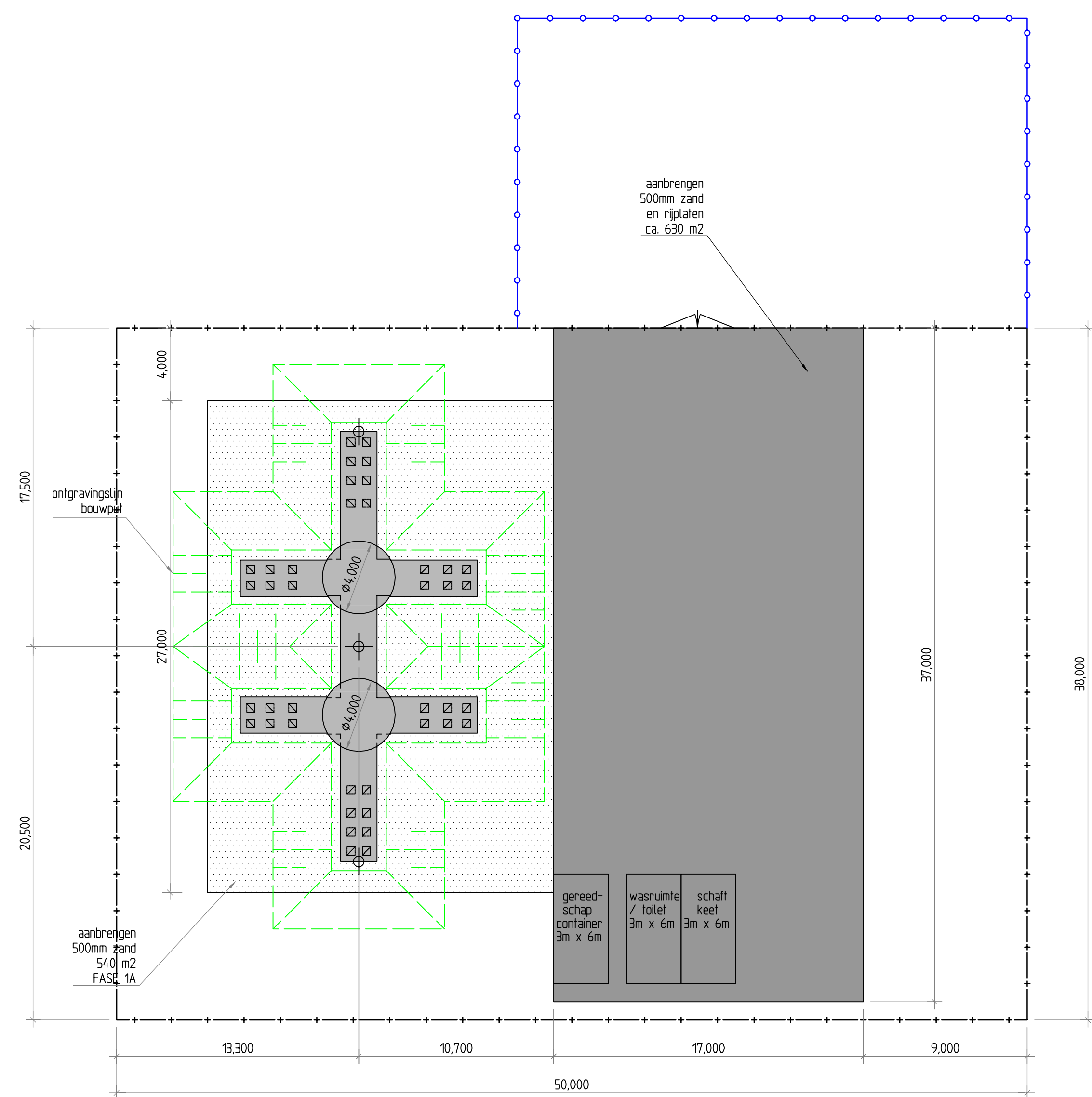
TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE A & B, FASE 1  
Vóór aanvang van het heikwerk



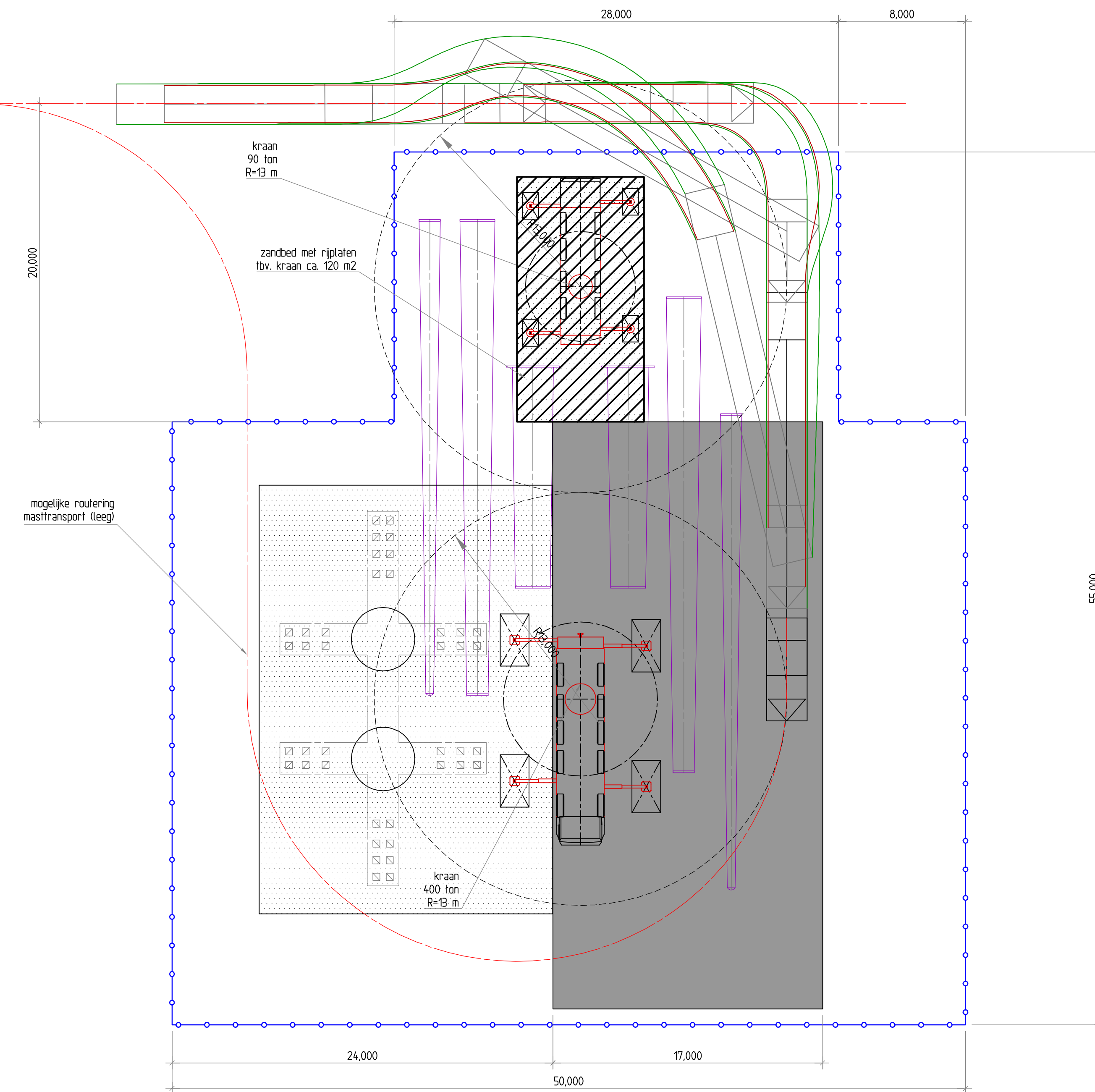
TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE A & B, FASE 2  
Vóór aanvang plaatsing van de masten, variant A



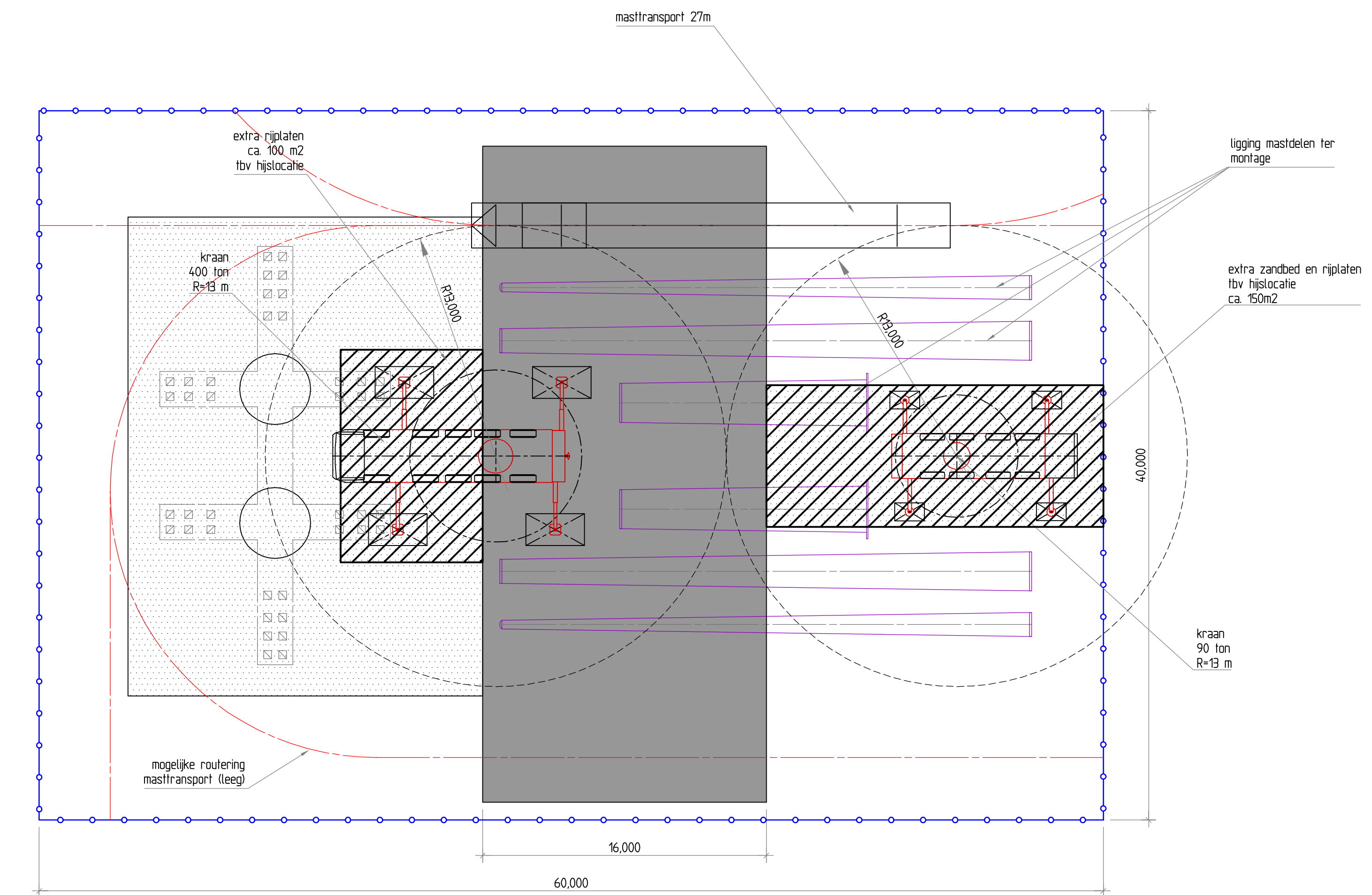
TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE A & B, FASE 2  
Vóór aanvang plaatsing van de masten, variant B



TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE C, FASE 1  
Vóór aanvang van het heikwerk, variant A



TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE C, FASE 2  
Vóór aanvang plaatsing van de masten, variant A



TYPICAL SITUATIE MASTLOCATIE TYPE C, FASE 2  
Vóór aanvang plaatsing van de masten, variant B

VERKLARING:

- Contour kraan draaicirkel
- Grondwerk tbv. talud
- Mast fundering
- Riplaatverharding
- Grondverbeterring (Zand)
- mogelijke routing masttransport 27m
- indicatieve grens werkgebied
- Aanbrengen zandbed met riplaten

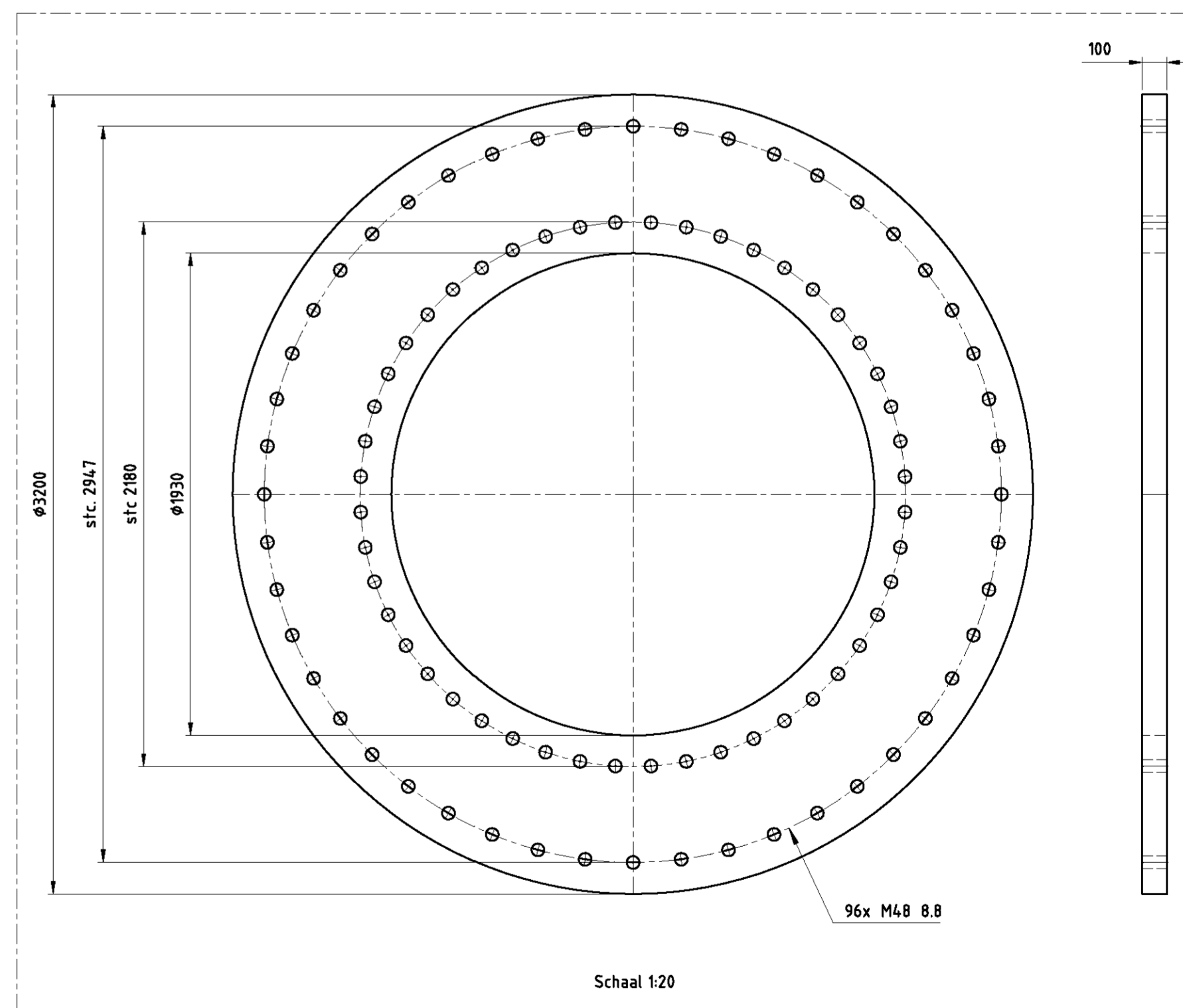
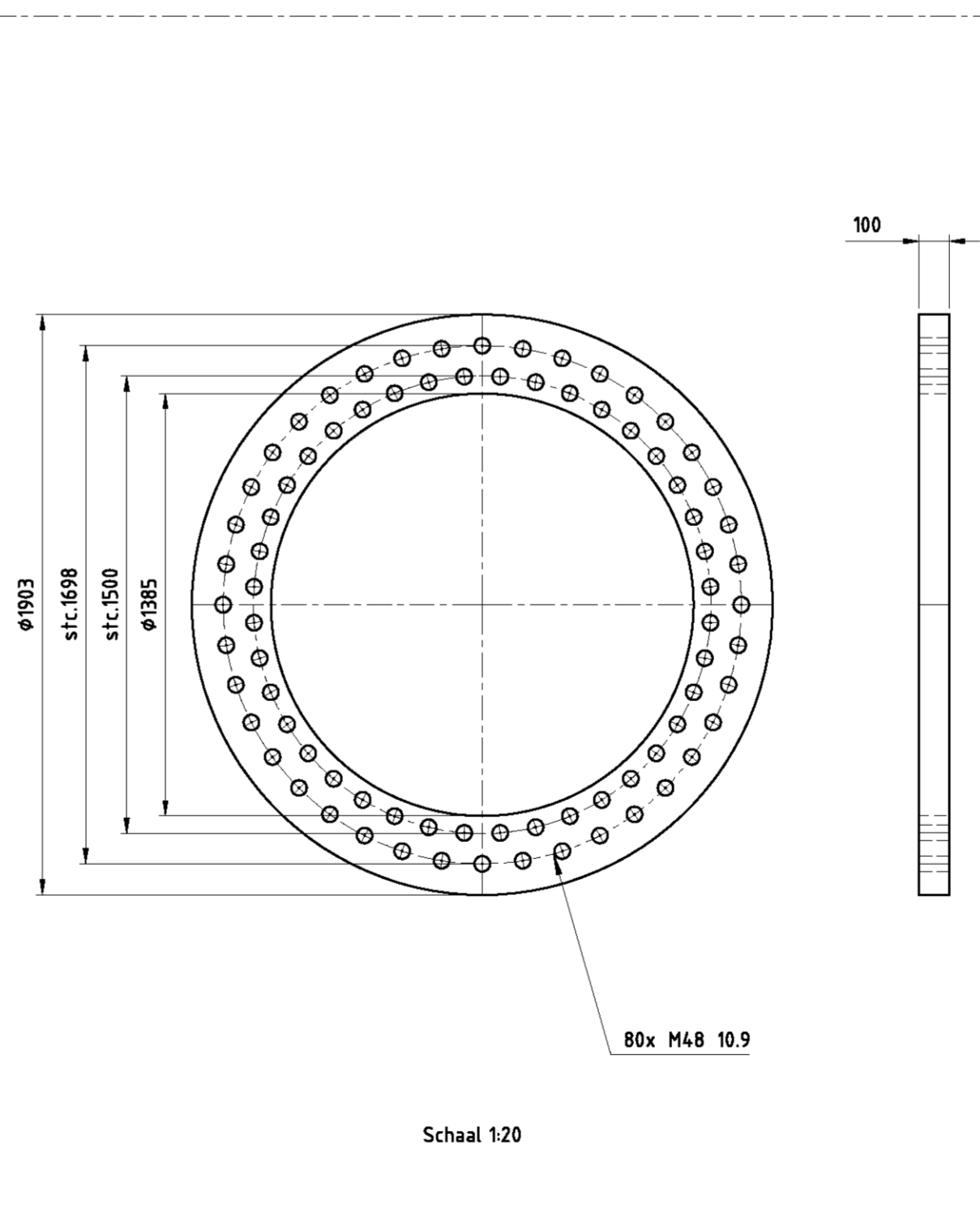
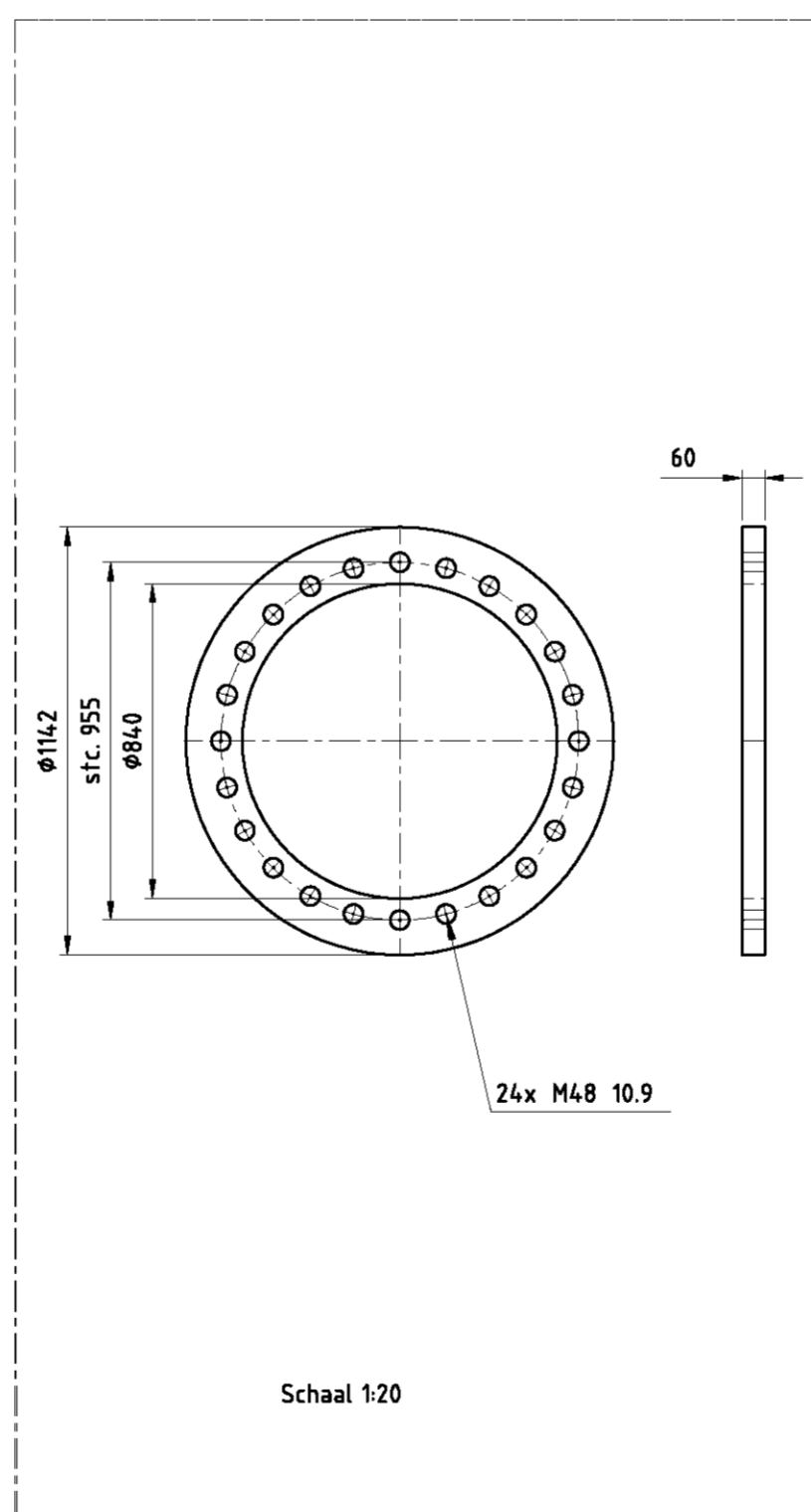
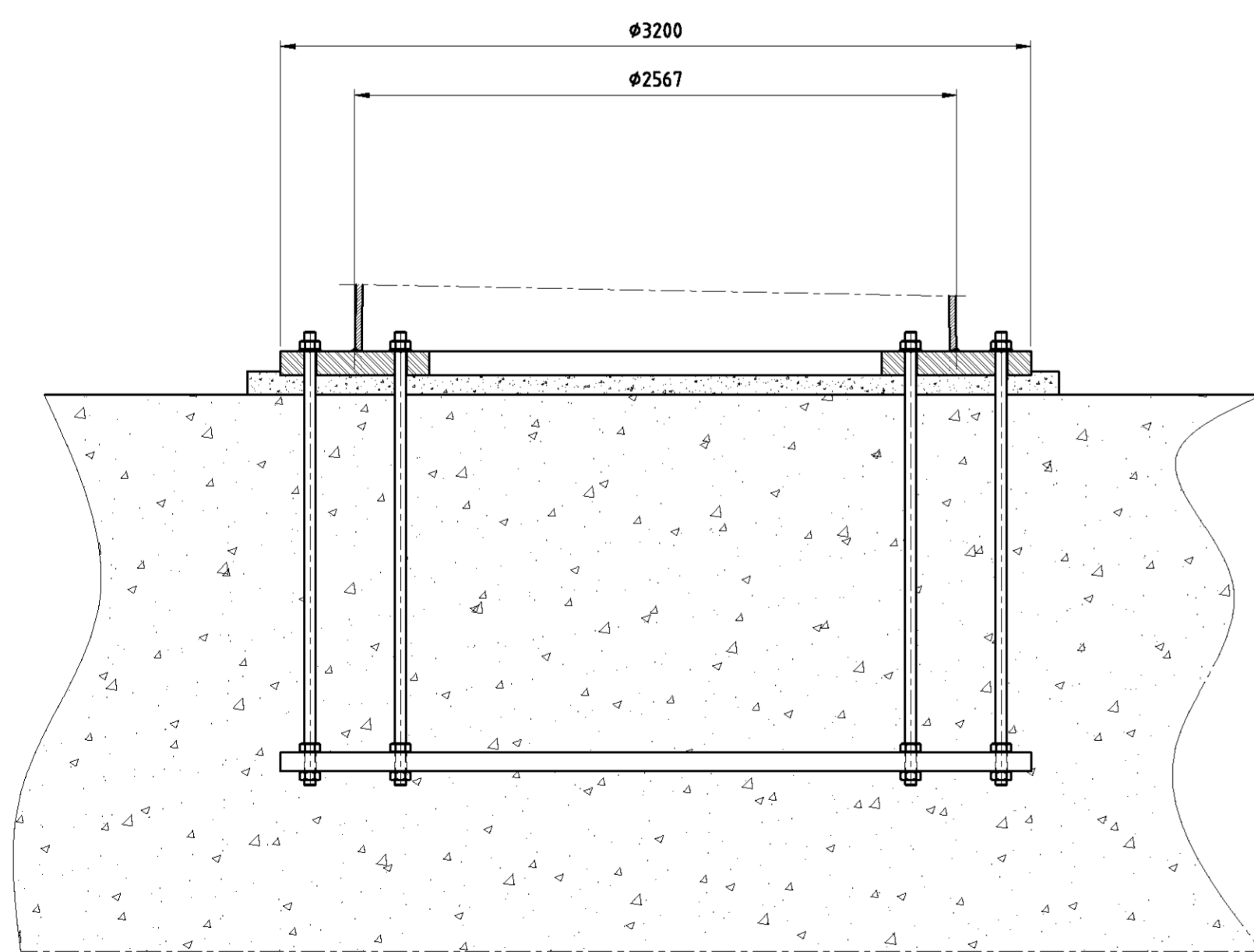
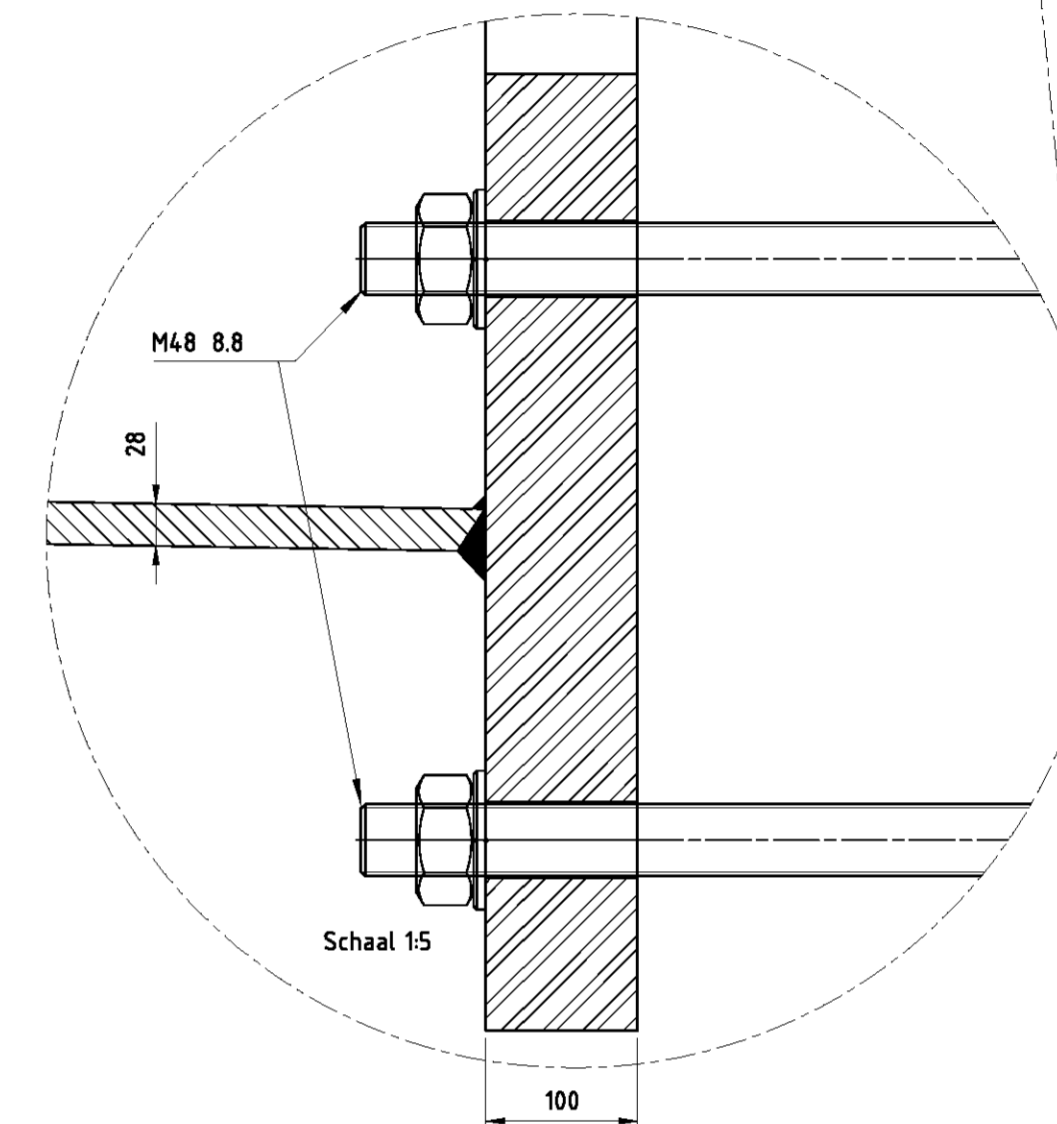
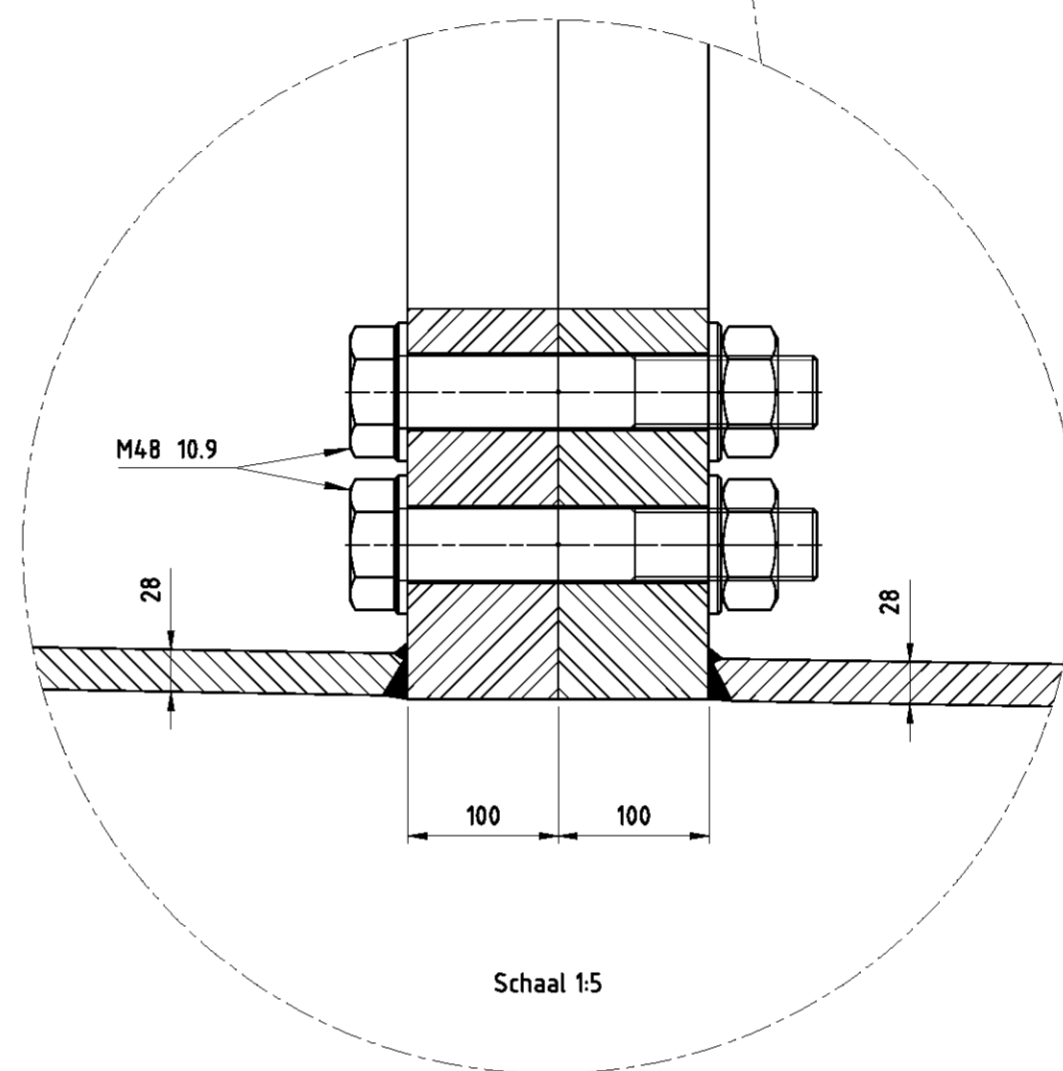
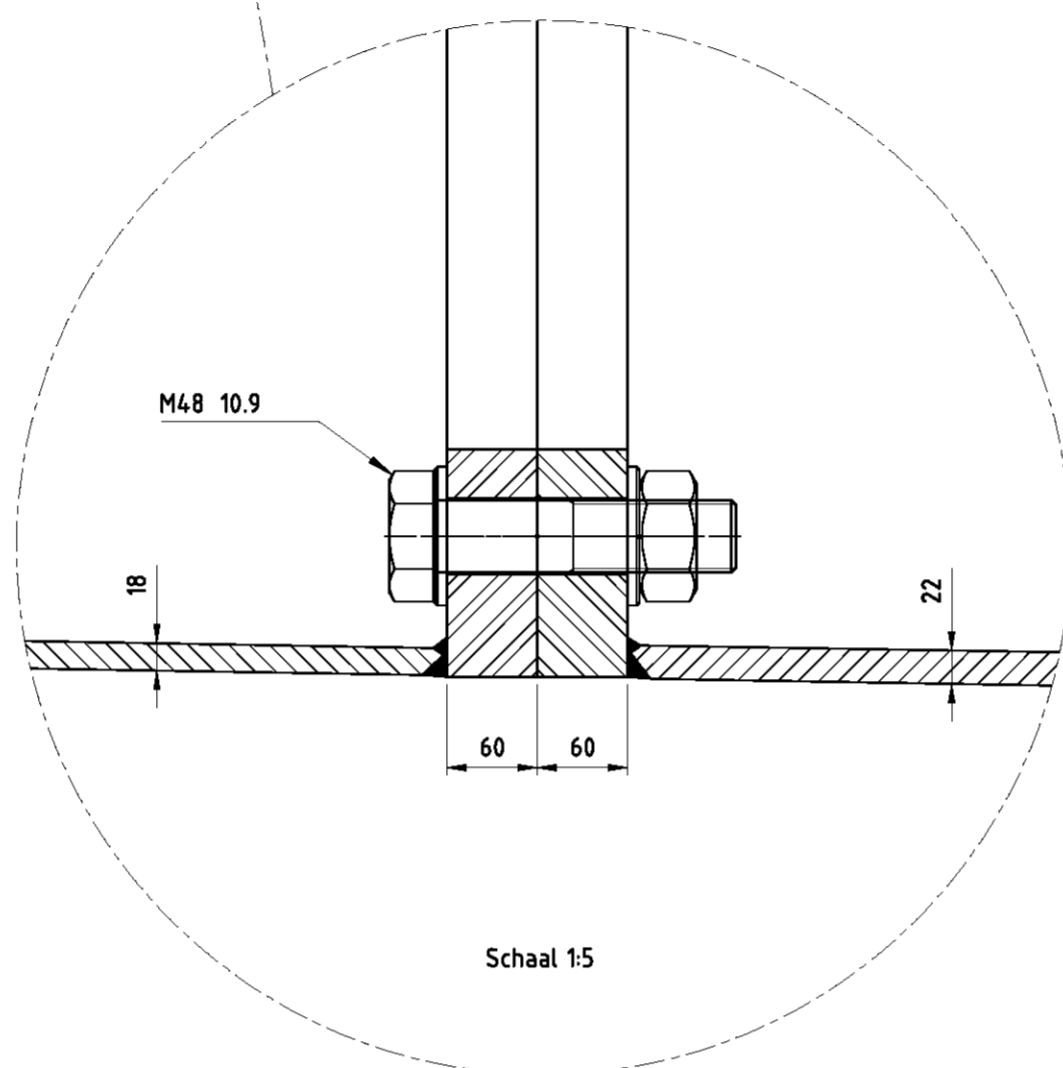
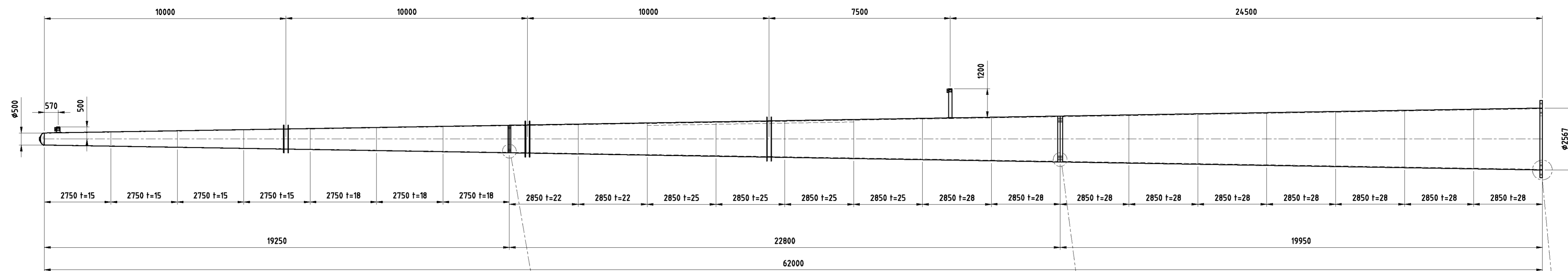
OPMERKINGEN:

Tekening is opgesteld naar tekening R3N-TEK-0133 rev. 00. Dit is nu alleen voor mastfundaties type D en F1. In agrarisch gebied wordt, p.v. zand onder de riplaten, houtslippers toegepast.

		P. de Jager Seminar	
Definitief Ontwerp Tijdelijke en permanente toegangswegen Bouwplaatsinrichting mastlocaties type A, B en C		03 Algem. herzien. van mastfond. 01-11-2013 02 Ontgravingsprofiel fund. 07-09-2013 01 Heikwerk, terreinprofiel, eed 06-08-2013	R.G.J. Caspers W.Visser R.G.J. Caspers
Project: Randsstad 380kV Noordring		Totaal: 1200 Fase: A1 Nam: R.G.J. Caspers	Datum: 24-10-2013
		Tekening: R3N-TEK-0026	Blad: 001

Bijlage 5a

Masttype W2H400+5



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 <math>-0.2\%</math>  
 -Onrondheid bij overige secties  
 (niet aan de segment einden) <math>-0.5\%</math>  
 -Tolerantie in hoogte richting <math>-0.05\%</math>

Ankers kwaliteit 8.8  
 Verbindingsbouten kwaliteit 10.9  
 Lasnorm: DIN 15614-1  
 Zie voor lasdetails tek. 07.81940-01A/01B/02 1/m 07  
 Kleur mast: RAL 9018  
 Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3  $\leq 15\text{mm}$   
 S355K2G3  $> 15\text{mm}$   
 Aantal mastdelen: 3  
 Gewicht mastdeel 2: kg  
 Gewicht mastdeel 1: kg  
 Totaal gewicht WZE350-5: kg

Benaming: Mast type W2H400+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WVL		Maatleenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstalpunt nr.: NVT
				Finis:	

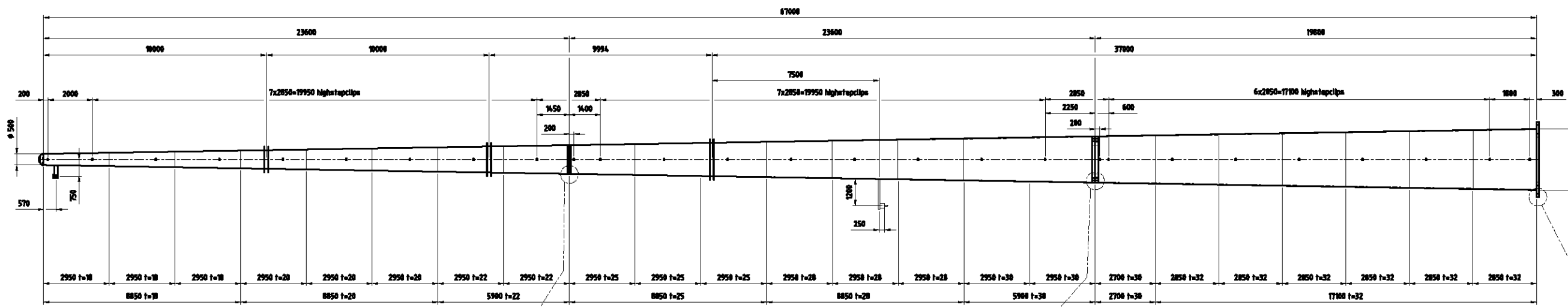
Project Tek.nr.: MS20120025/06

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren  
 Postbus 676, 7300AR Apeldoorn, Tel: +31 (0)88 186 02 00

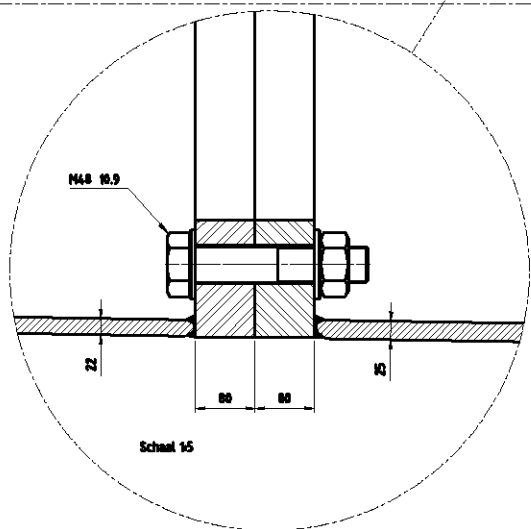
A1

Bijlage 5b

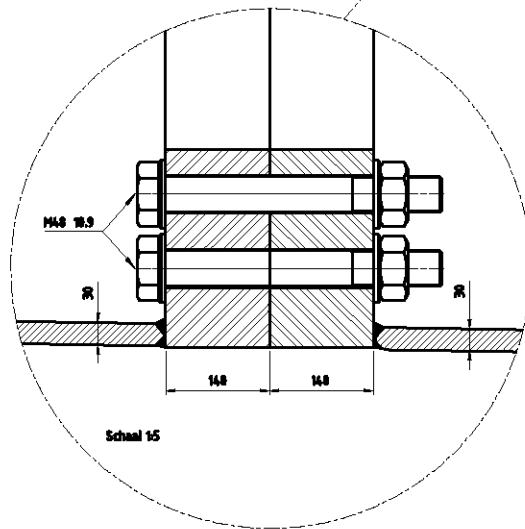
Masttype W2H400A+10



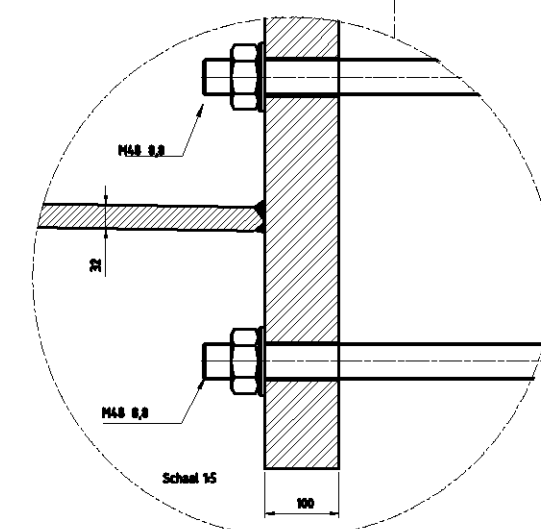
Schaal 1/100



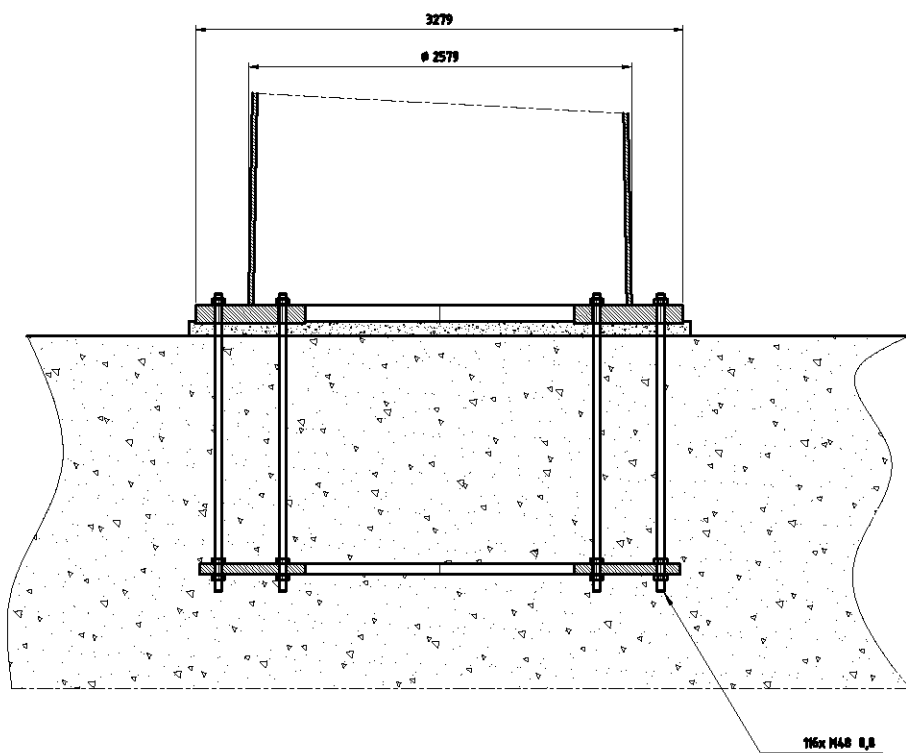
Schaal 15



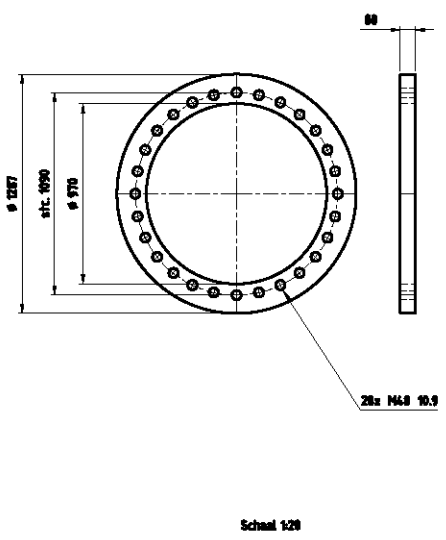
Schaal 15



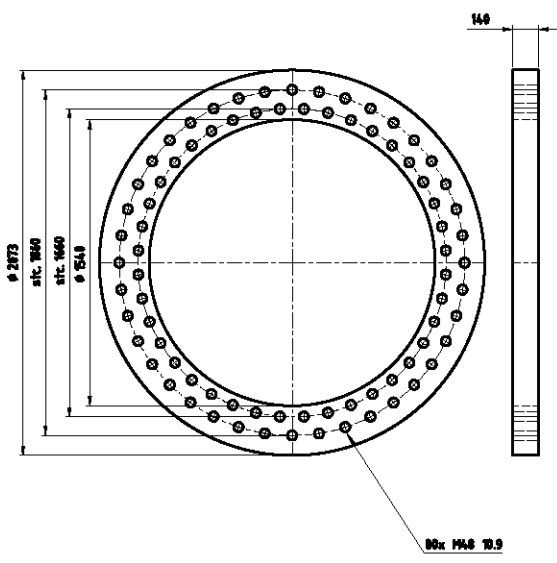
Schaal 15



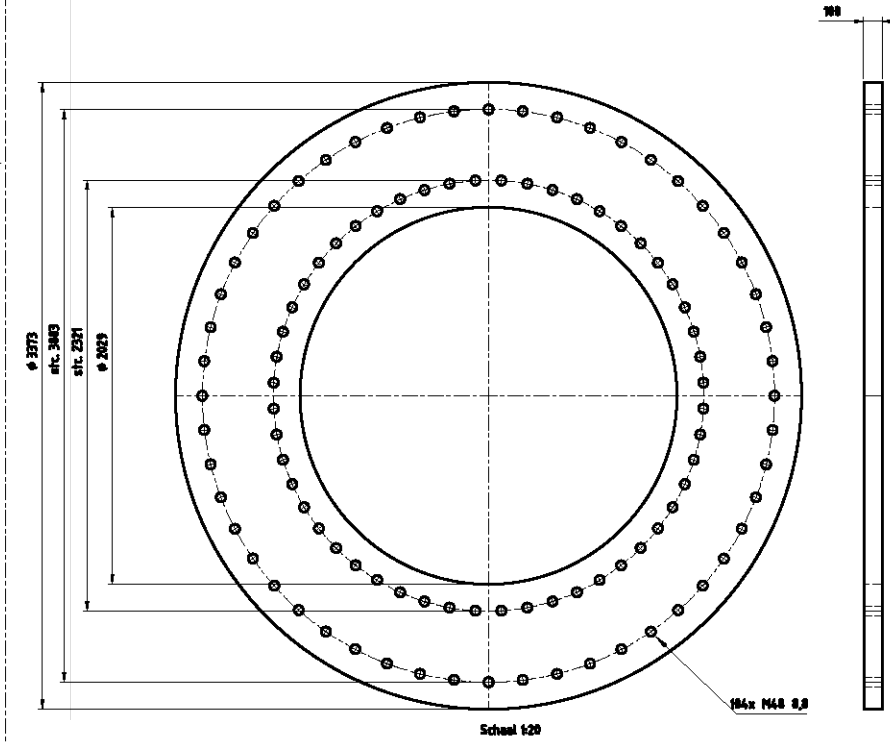
Schaal 125



Schaal 125



Schaal 120



Schaal 120

Tolerantie volgens C/DIN 870  
DIN 870 (aanpak in mm)

DIN 870	Klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-5
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Drontheid aan sament sinden -0.2%

-Drontheid (M) overige sacties (niet aan de sament sinden) -0.5%

-Tolerantie in hoogte richting -0.05%

Ankers kwaliteit B8  
Verbindingsdelen kwaliteit 10.9  
Lasteren DIN 15616-1  
Zie voor lastefalls iak. 07.81948-01A/02B/02 1/m 07  
Kleur nach: RAL 9010  
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2E3 e 15mm  
S355K2E3 e 15mm

Aantal mastdelen: 2  
Gewicht onderdeel 2: kg  
Gewicht onderdeel 1: kg  
Totaal gewicht W2E350-5: kg

Bestelling Mast type W2H400A-10

Dag	Deuren	Def	Geo	Behoud	180	125	120	15	Plaats
1	27-11-2012	WVL			Masttoestand: mm				Adres
2	12-12-2012	WVL			Masttoestand S 235 JR				Opdracht nr:

MS-0004/09

Telecom

VolkerWessels Telecom Network Solutions, Kanal Zuid 286 Lieren  
Postbus 678, 7200 AR Apeldoorn, Tel: +31 (0)25 78 02 00

Bijlage 6a

Berekening masttype W2H400+5



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	<i>MV 7-2-14</i>

## Inhoudsopgave.

	<b>blz.</b>
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 $C_s C_d$	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 instorting	53
9.0 Detailberekening	55

	<b>blz.</b>
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 ( $f_{y,d} = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{t,d} = 510 \text{ N/mm}^2$ ), 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  $\frac{1}{2}$  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 centrisk 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,  $\gamma_g = 1,2$  voor de ULS-toestand en  $\gamma_g = 1,0$  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,  $\gamma_q = 1,6$  voor de ULS- toestand en  $\gamma_q = 1,0$  voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2H400(+5)"

## Berekening

### W2H400+5

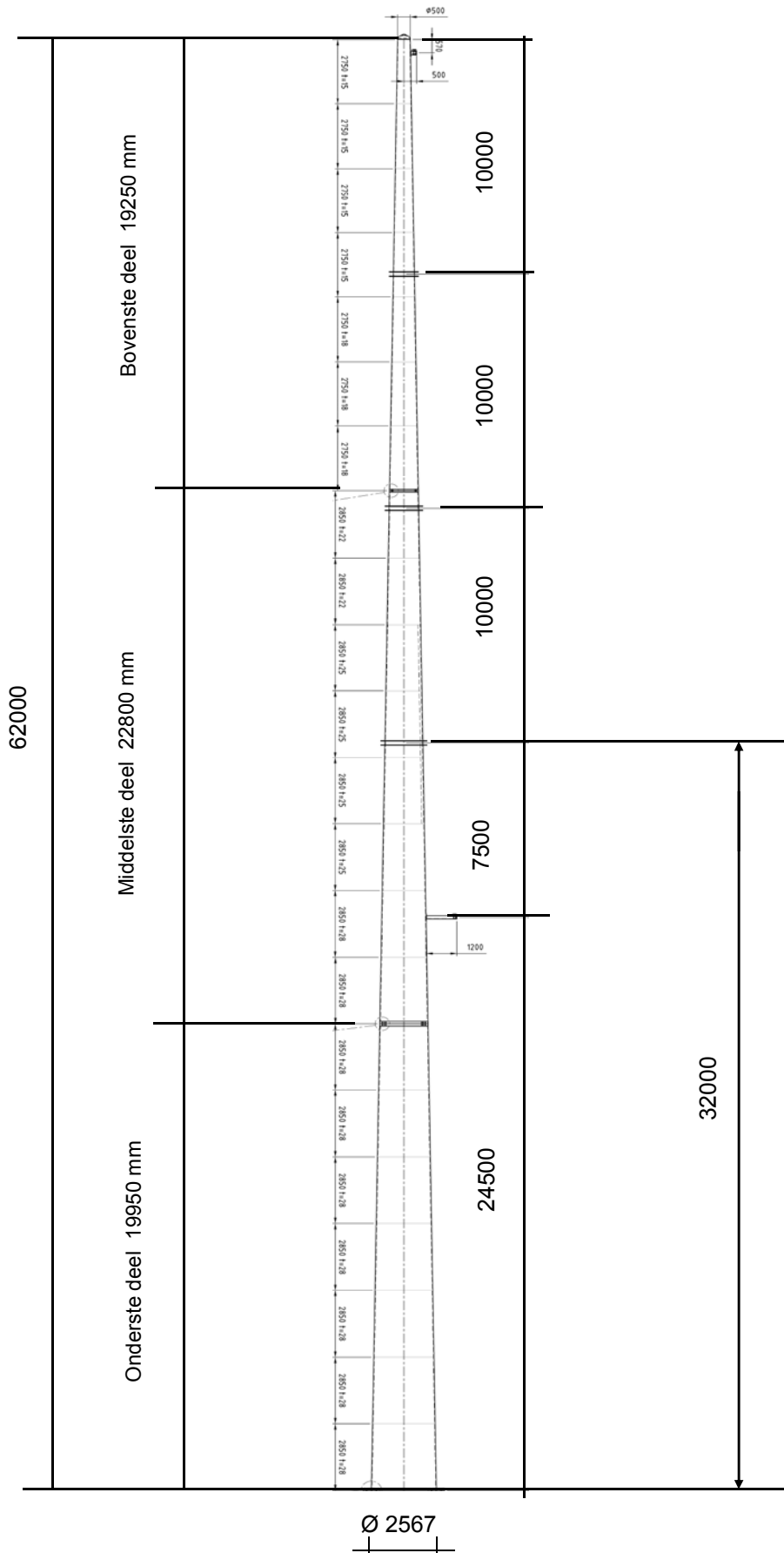
**62,0 m - 2567 - 500**

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	diagonalen	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 <sub>gem</sub> (mm)	t (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	m(kg/m)	I (mm <sup>4</sup> )	i (mm)	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
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 <sup>2</sup>	210000
Vloeigrens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	355
Volumieke massa	kg/m <sup>3</sup>	7850

### 2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L <sub>staaf</sub> mm	A <sub>eff</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> of I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>
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; $\rho$ =	1,25 kg/m <sup>3</sup>
$z_0$ =	0,200 m
$z_{min}$ =	4,0 m

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

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

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{voor } z \leq z_{min}$$

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

$$\text{Extreme stuwdruk } q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * \frac{1}{2} * \rho * V_m^2(z)$$

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

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad \text{voor } z \leq z_{min}$$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m <sup>2</sup>
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+ geleiders-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 vervolgens eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten  $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

$m_i$  : de geconcentreerde massa in kg.

$\delta_i$  : de verplaatsing van het punt ( i ) in meter

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. $\delta$ m	$g \sum m_i \cdot \delta_i$	$\sum m_i \cdot \delta_i^2$
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

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

$n_{1,x}$	=	0,79	Hz
-----------	---	------	----

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	$\phi_i$	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
		$\Sigma$	62,00	13,11	8384,80	21,46

$$m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 \text{ kg/m}$$

### 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><math>B^2 =</math></b>	<b>0,54</b>	
$\delta_s =$	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2 * n_1 * m_e) =$	0,067	
$\delta_d =$	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	
<b><math>R^2 =</math></b>	<b>0,67</b>	
$T =$	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	
<b><math>c_s c_d =</math></b>	<b>1,08</b>	



### 3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt $C_f$

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

$\psi_\lambda$  conform EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	$R_e$	$C_{f,0}$	$\psi_\lambda$	$C_f$
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			
$\Sigma$ 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

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m <sup>2</sup> .	windopp. ladder in m <sup>2</sup> .	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 <sub>t</sub>	inkl. C <sub>t</sub>	∑ F <sub>mast</sub> =	77717

Gewicht ladder = 15 kg / m'

Windoppervlak ladder = 0,12 m<sup>2</sup> / 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 \*  $\gamma_g$  ( $\gamma_g = 1,2$ )  
eg mast \*  $\gamma_g$  ( $\gamma_g = 1,2$ )

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 \*  $\gamma_q$  ( $\gamma_q = 1,0$ )

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						

KEMA rapport - bijlage N - windhoek 90 graden

wind mast \*  $\gamma_q$  ( $\gamma_q = 1,6$ )

#### 4.0 - Resultaat berekeningen

##### 4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Serviceability limit state)

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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

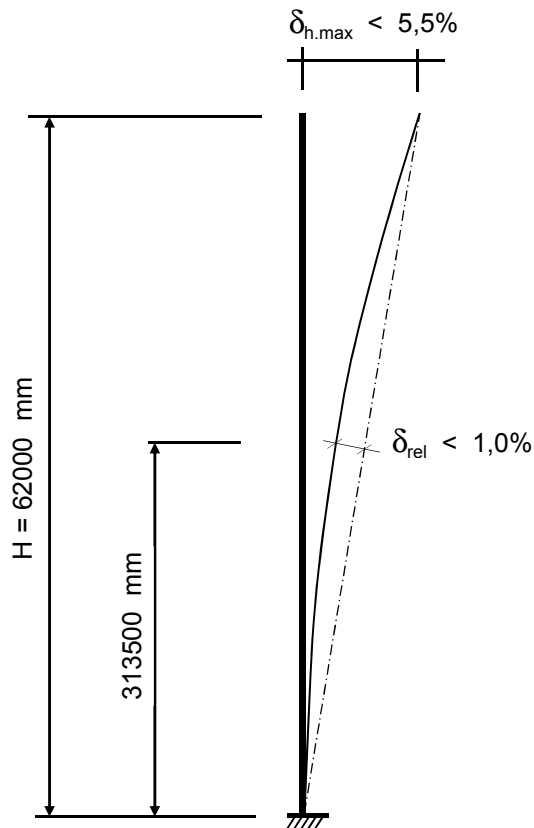
#### 4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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. $\varphi$ radian	verpl. $\delta_{hor}$ 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

$$\delta_h = 1935 \text{ mm} \rightarrow \delta_h * 100 / 62000$$

Percentage uitbuig. = 3,12 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

$$\delta_{rel} = [ \{ \delta_{hor} * (\text{hoogte knoop x}) / (\text{totale hoogte}) \} - \delta_{knoop x} ] * \text{Cos}\alpha$$

$$\text{Knoop } 16 ; \text{ Hoogte} = 31350 \text{ mm}$$

$$\delta_{knoop x} = 457 \text{ mm}$$

$$\alpha = 1,79 \text{ graden}$$

$$\delta_{rel} = 521 \text{ mm} \rightarrow \delta_h * 100 / 62000$$

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 <sub>last,hor</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last</sub> 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 <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last</sub> 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 <sup>2</sup>	210000	
Vloei grens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	355	Voor wanddikte t < 40
Vloei grens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	335	Voor wanddikte t >= 40

#### A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} \leq 1$$

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

$M_{1,y,Ed}$  = 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 <sub>voet</sub> - D <sub>top</sub> mm	moment M <sub>1,y,Ed</sub> kNm	drukkracht N <sub>c,Rd</sub> kN	rel.verpl. δ <sub>rel.</sub> mm	M <sub>y,Ed</sub> in kNm	M <sub>y,el,Rd</sub> 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 plooi stabiliteit

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

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

Plooi spanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooi spanning 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm <sup>2</sup>
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 <sub>voet</sub> - D <sub>top</sub>	$\sigma_{MEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{NEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm <sup>2</sup>	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 mm <sup>2</sup>	$f_{ub}$ in N/mm <sup>2</sup>	$F_{t,Rd}$ 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  $I_p = \sum (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

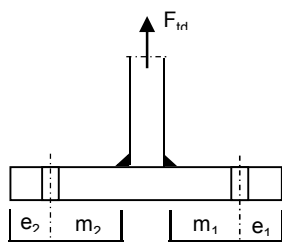
Flensverbinding met één boutrij :  $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

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

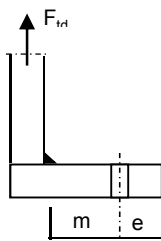
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

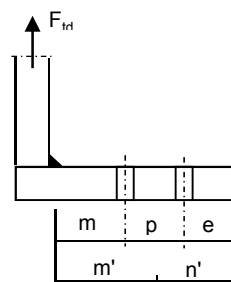
Flenzen en voetplaat:



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 :  $F_{t,Ed} = M_{pl} * (1+n/n) / m'$   
 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 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l <sub>ef</sub> 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 mm	M <sub>pl;d</sub> Nmm	bezwijk- vorm 1	bezwijk- vorm 2	bezwijk- vorm 3	maatgev. F <sub>t,Rd</sub>	F <sub>t,Ed</sub> kN	toetsing- 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: voorberekt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

### B - Buizen

Alle lassen: voorberekt 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:

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

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

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

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

$\delta_s$  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. $\delta$ mm	$\phi_{i,1}$	staaf nummer	$\phi_i$	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	$\phi_i$	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
		<b>Σ</b>	62,00	13,11	8384,80	21,46

$$m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 \text{ kg/m}$$

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

buis	$m_{1,e}$ kg/m	$\delta_s$	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	b = d <sub>w</sub> 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

$$K = \frac{\sum_{i=1}^m \int_{l_i} |\phi_i(s)| ds}{4 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n \int_{l_i} \phi_i^2(s) ds}$$

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

$$K = 21,46 / (4 * \pi * 13,11) = 0,130 \quad (\text{tabel E.5})$$

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

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

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

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

$$R_e (V_{crit}) = b * v_{(crit)} / \nu ;$$

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

$$R_e (V_{crit}) = 1,534 * 6,72 / 15 \cdot 10^{-6} = 6,9E+05$$

$$C_{lat} = 0,20$$

$K_w$  is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

$$L_j / b = 6$$

$$L_j = 9,20 \quad m - (\text{effectieve correlatielengte})$$

$$K_w = 8,02 / 21,46 = 0,37$$

$$y_{F,max} / b = 30,86 * 0,077 * 0,130 * 0,37 * 0,2 = 0,023$$

$$y_{F,max} = 1,534 * 0,023 = 0,035 \quad m$$

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

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

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

staaf nummer	profiel		W <sub>y,el</sub> mm <sup>3</sup>	σ <sub>buiging</sub> (C <sub>rd</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	y <sub>F,max</sub> m	Δσ <sub>dyn</sub> MPa
	D (mm)	t (mm)				
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:

$$N = 2 * T * n_{1,y} * \epsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] \geq 10^4$$

$$n_y = n_{1,y} = 0,79 \quad \text{Hz} \quad \text{eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind}$$

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

$$V_{crit,1} = 6,72 \quad \text{m/s} \quad \text{De kritische windsnelheid}$$

$\epsilon_o$  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

$$z_s = 57,3995 \quad \text{m} \quad \text{- hoogte waar wervelvorming plaatsvindt} = L_{mast} - L_j / 2$$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

$$\text{Richtingsfactor } C_{dir} = 1,0$$

$$\text{Seizoensfactor } C_{season} = 1,0$$

$$\text{Orografiefactor } C_o(z) = 1,0$$

$$z_0 = 0,200 \quad \text{m}$$

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

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

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{voor } z \leq z_{min}$$

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

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

$$c_r(z) = 0,21 * \ln\{28,5 / 0,200\} = 1,18$$

$$V_m(z) = 32,0 \quad \text{m/s}$$

$$V_o = 32,0 * 20 / 100 = 6,40 \quad \text{m/s}$$

$$N = 2 * 50 * 3,2 * 10^7 * 0,3 * 0,79 * [6,72 / 6,40]^2 * \exp[-(6,72 / 6,40)^2] = 2,77E+08$$

### Vermeoingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

$$0,55 \Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k \text{ -----} \rightarrow N \cdot \Delta\sigma^5 = N_k \cdot \Delta\sigma_k^5$$

$$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k \text{ -----} \rightarrow N \cdot \Delta\sigma^3 = N_k \cdot \Delta\sigma_k^3$$

$$N_k = 10^7$$

$\Delta\sigma_i$  is het i<sup>e</sup> spanningsniveau

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

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

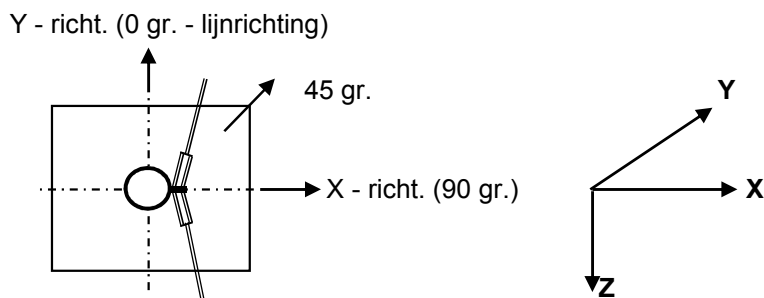
$\Delta\sigma_k = 45$  MPa Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

$\Delta\sigma_k = 35$  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
Knoop		in MPa	in MPa	in MPa	$\Delta\sigma_i$ -N lijn	span.wissl.	beschadiging < 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 <sub>x</sub> - reactie kNm	M <sub>y</sub> - reactie kNm	M <sub>z</sub> - reactie kNm
<b>Windrich. 90 graden</b>						
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.)	<b>944</b>		<b>1025</b>		<b>38532</b>	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	565		931		23142	

### Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS $\gamma_{eg}=1.0$ , $\gamma_q=1.0$	B.C. 2 - ULS $\gamma_{eg}=1.2$ , $\gamma_q=1.6$	B.C. 3 - ULS $\gamma_{eg}=0.9$ , $\gamma_q=1.6$
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 instorting

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 :

$$F_{t,Ed} = 621,7 \quad \text{kN}$$

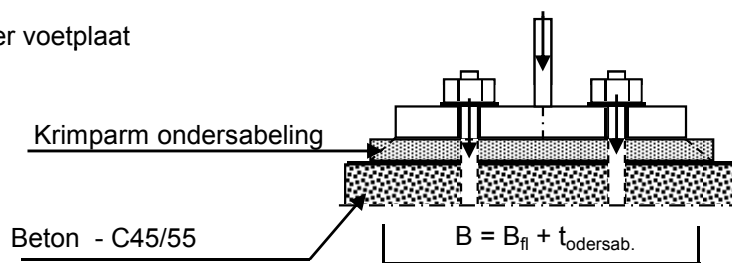
Maximale voorspanning in de anker :

$$F_{t,Ed} = 510,9 \quad \text{kN}$$

Maximale drukkracht :

$$F_{c,Ed} = 643,0 + 1,00 * 510,9 = 1153,9 \quad \text{kN}$$

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

$$B_{fl} = 640,0 \quad \text{mm} \quad D = 2539 \quad \text{mm}$$

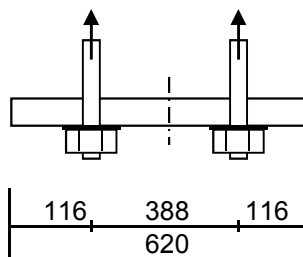
$$t_{ondersab.} = 40,0 \quad \text{mm} \quad n = 96$$

$$B = 680,0 \quad \text{mm}$$

$$A_{voetpl} = 680 * 2 * \pi * D / n = 113000 \quad \text{mm}^2$$

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

B - drukspanning onder instorting



$$D = 2539 \text{ mm}$$

$$n = 96$$

$$A_{\text{storting}} = 620 * 2 * \pi * D / n = 103030 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{b,\text{stortr.}} = 2 * F_{c,\text{Ed}} / A = 12,1 \text{ N/mm}^2 < 21,0 \text{ -- Voldoet}$$

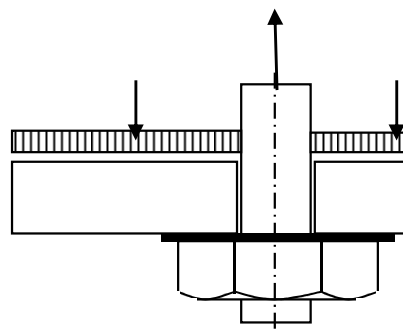
Dikte instorting

$$L_{\text{uitkr.}} = 116 \text{ mm}$$

$$L_{\text{veld}} = 388 \text{ mm}$$

$$t = 45 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 355 \text{ N/mm}^2$$



$$M_{\text{Ed,st}} = 81190 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 2341 \text{ N/mm}'$$

of  $M_{\text{Ed,veld}} = 145896 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 0 \text{ N/mm}'$

$$M_{\text{Ed,max}} = 145896 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 2341 \text{ N/mm}'$$

$$M_{\text{Rd}} = (1/4) * 1,0 * t^2 * f_y = 179719 \text{ Nmm/mm}'$$

$$V_{\text{Rd}} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5} = 9223 \text{ N/mm}'$$

$$M_{\text{Ed}} / M_{\text{Rd}} = 145896 / 179718,8 = 0,81 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 288,2 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{\text{Ed}} / V_{\text{Rd}} = 2341 / 9223 = 0,25 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 52,0 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

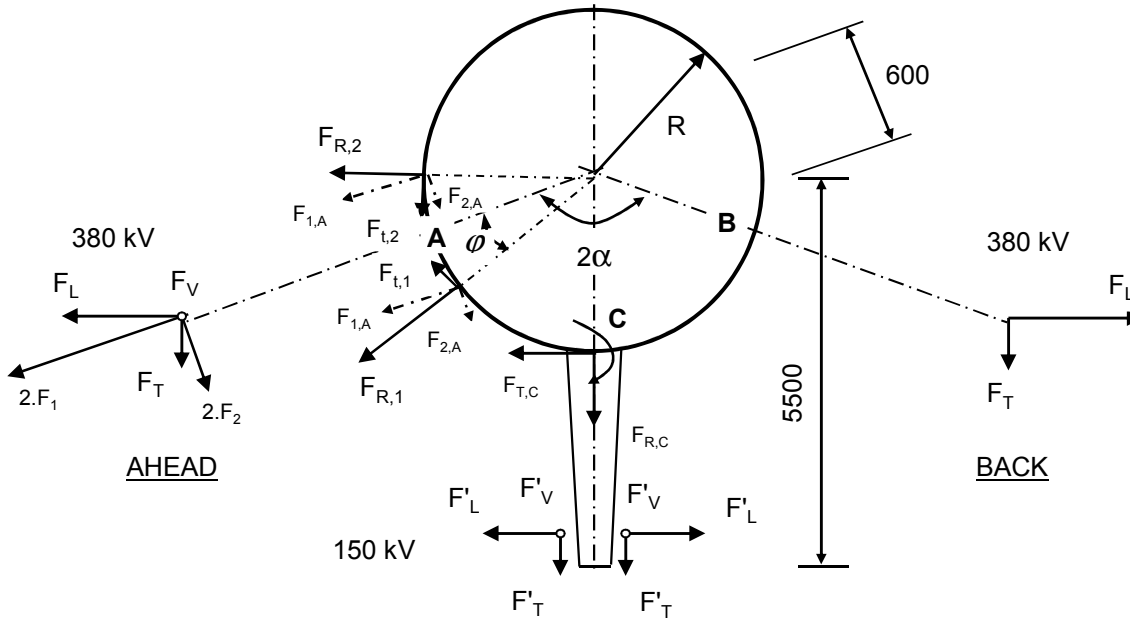
$$\sigma_{\text{vlg}} = (288,2^2 + 3 * 52,0^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = 302 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ MPa -- Voldoet}$$

## 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

$2\alpha$  is hoek tussen lijnen en  $\alpha$  is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevestigingsring

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

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

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

$$F_{R,1,A} = F_{1,A} \cdot \cos\varphi + F_{2,A} \cdot \sin\varphi ; F_{T,1,A} = F_{1,A} \cdot \sin\varphi - F_{2,A} \cdot \cos\varphi$$

$$F_{R,2,A} = F_{1,A} \cdot \cos\varphi - F_{2,A} \cdot \sin\varphi ; F_{T,2,A} = F_{1,A} \cdot \sin\varphi + F_{2,A} \cdot \cos\varphi$$

$$; M_w = |F_{T,1,A} + F_{T,2,A}| \cdot R$$

$$F_{R,1,B} = F_{1,B} \cdot \cos\varphi + F_{2,B} \cdot \sin\varphi ; F_{T,1,B} = F_{1,B} \cdot \sin\varphi - F_{2,B} \cdot \cos\varphi$$

$$F_{R,2,B} = F_{1,B} \cdot \cos\varphi - F_{2,B} \cdot \sin\varphi ; F_{T,2,B} = F_{1,B} \cdot \sin\varphi + F_{2,B} \cdot \cos\varphi$$

$$; M_w = |F_{T,1,B} + F_{T,2,B}| \cdot R$$

150 kV: Per bevestigingsring

$$F_{T,C} = \sum F'_L / 2 \quad M_{T,C} = F_{T,C} \cdot (5500 - R)$$

$$F_{R,C} = \sum F'_T / 2$$

$$F_{V,C} = \sum F'_V / 2 \quad M_{V,C} = 2 \cdot F_{V,C} \cdot (5500 - R)$$

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

$$z = 2 \cdot (d_{uit}^3 - d_{inw}^3) / 3 \cdot \pi \cdot (d_{uit}^2 - d_{inw}^2)$$

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

#### 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:

$t_{\text{buis;nom}} = 15 \text{ mm}$

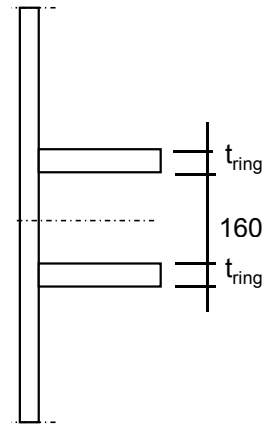
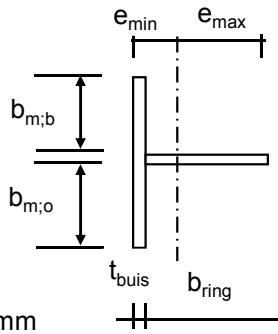
$t_{\text{buis;reken}} = 15 \text{ mm}$

$t_{\text{ring;nom}} = 20 \text{ mm}$

$t_{\text{ring;reken}} = 20 \text{ mm}$

$b_{\text{ring}} = 135 \text{ mm}$

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 ;  $f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$

$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$

$b_{m;b} = 158,2 \text{ mm}$

$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$

$A = 6573 \text{ mm}^2$

$e_{\text{min}} = 38,3 \text{ mm}$

$e_{\text{max}} = 111,7 \text{ mm}$

$I = 13121674 \text{ mm}^4$

$W_{\text{min}} = 117483 \text{ mm}^3$

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

$N_{\text{Rd}} = 1555 \text{ kN}$

$M_{y;\text{Rd}} = 28 \text{ kNm}$

$M_{w;\text{Rd}} = 3669 \text{ kNm (torsieweerstand mast)}$

$V_{\text{Rd}} = 369 \text{ kN}$

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 =  $2 \cdot \alpha = 130,1$  graden

Mast 7 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 161,1$  graden

Mast 15 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden

Mast 176 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 139,3$  graden

Mast 149 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 169,2$  graden

Mast 148 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 173,4$  graden

Mast 132 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden

Mast 106 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 130,4$  graden

Mast 105 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 155,2$  graden

Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden maatgevend  
hoek  $\varphi = \text{boogsin}(300 / (417+80)) = 37,2$  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

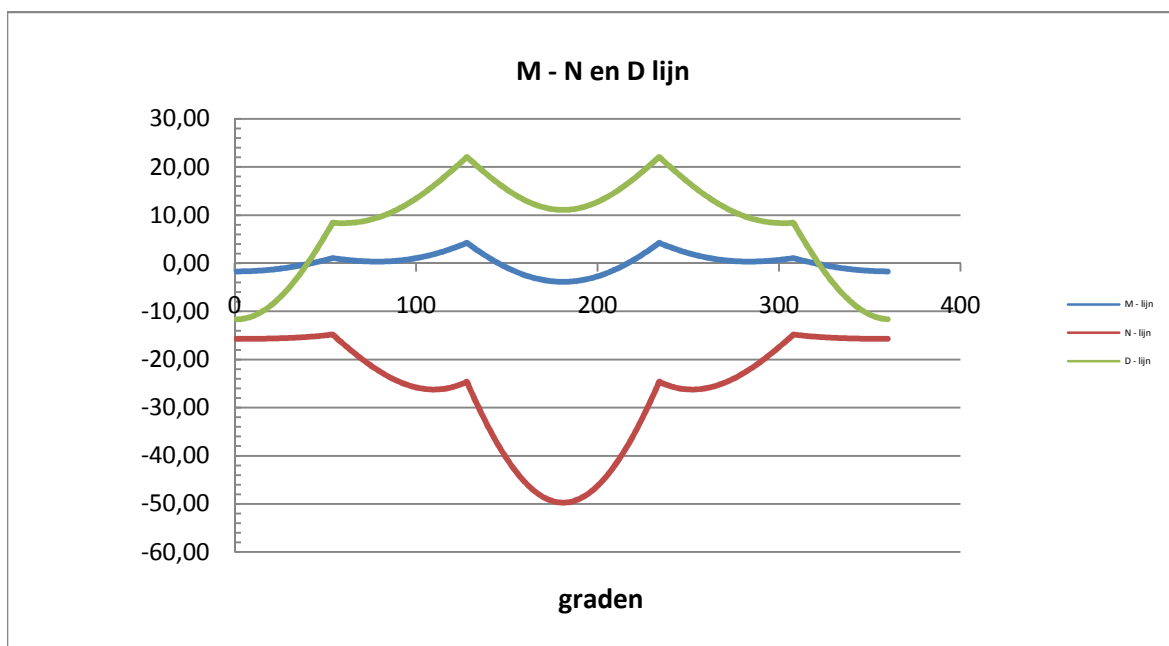
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

$\varphi$ 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

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

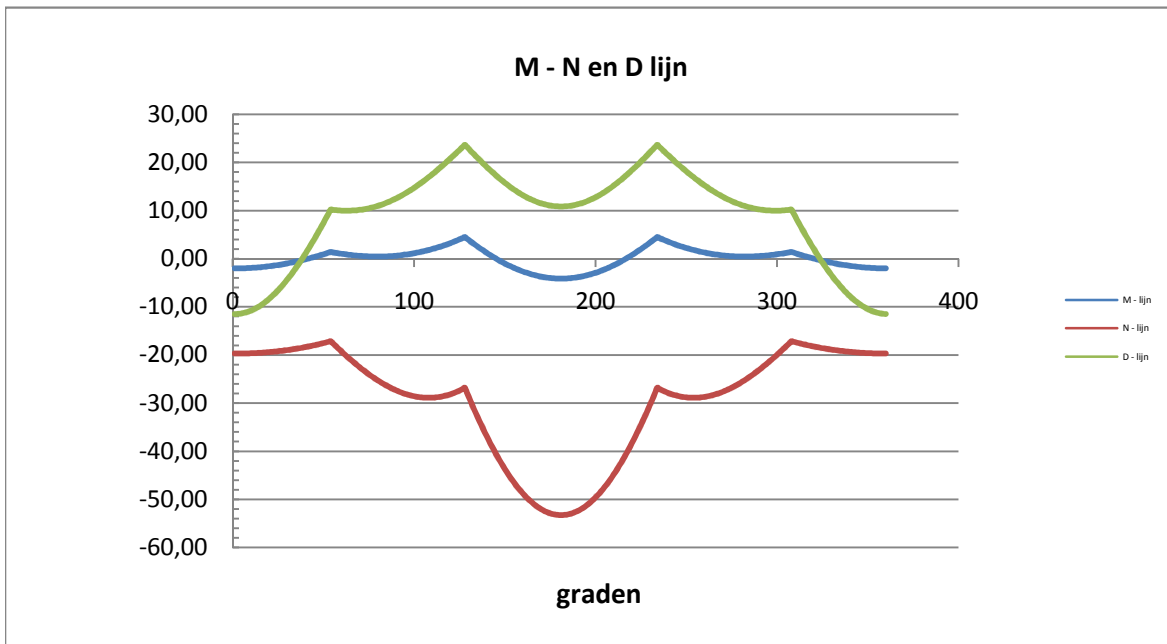
$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

$$I = 13121674 \text{ mm}^4$$



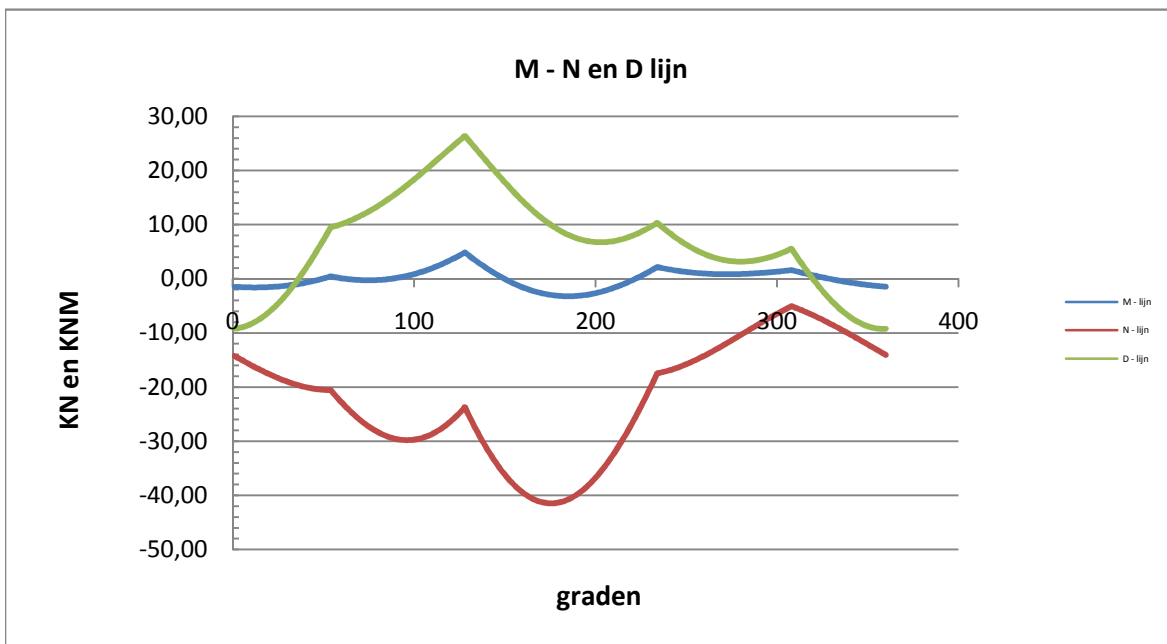
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

$\varphi$ 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



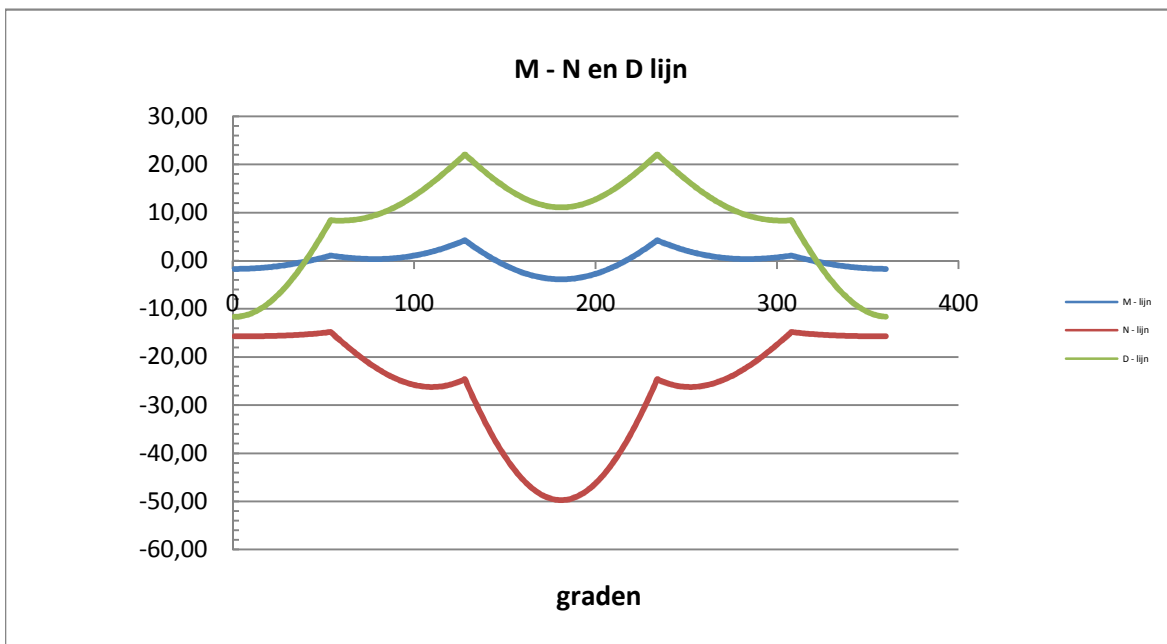
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

$\varphi$ 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



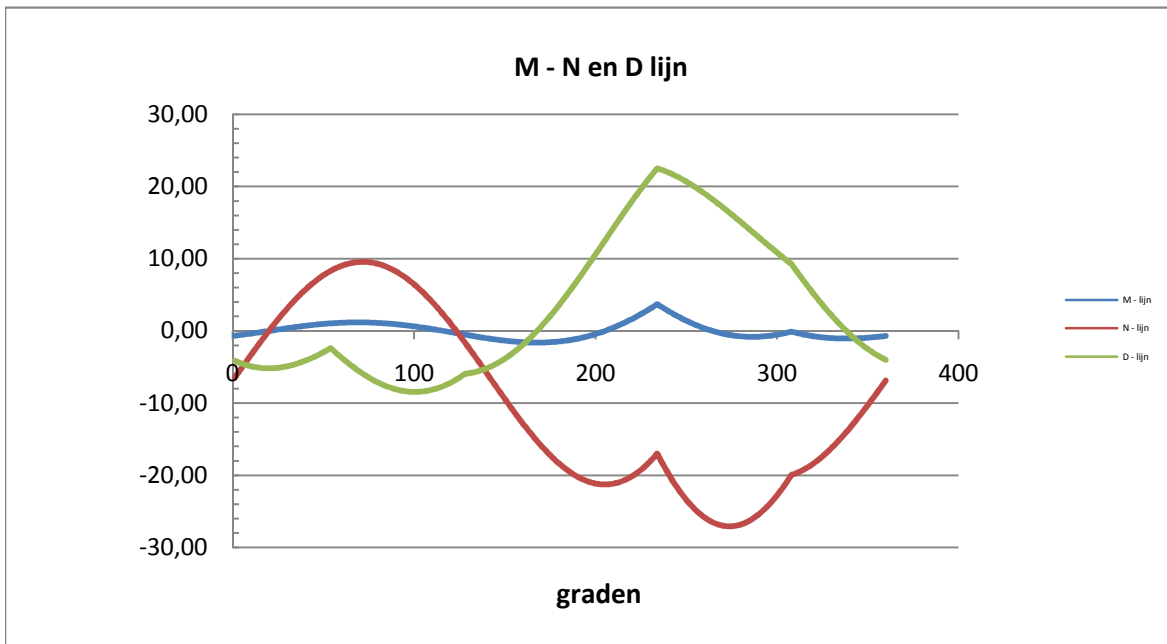
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

$\varphi$ 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



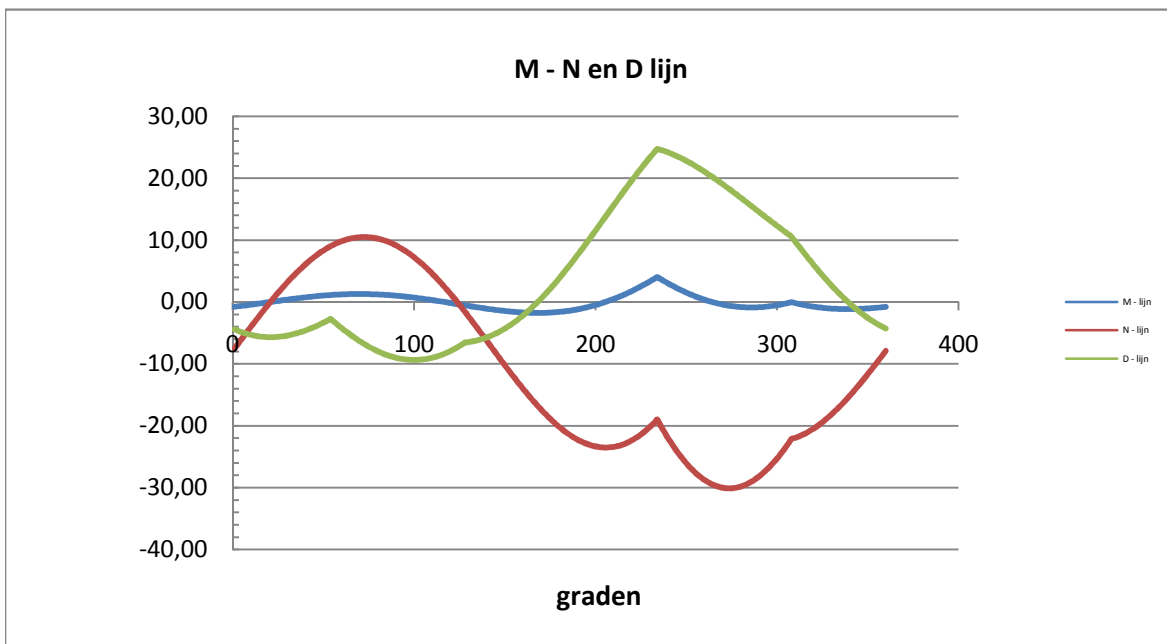
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

$\varphi$ 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

$\varphi$ 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

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = 41,49 / 1555 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 6,3 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = 4,86 / 27,8 = 0,17 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 41,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = 26,34 / 369 = 0,07 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 9,8 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 23,71$   
 $V_{Ed} = 26,34$

$$\sigma_b + \sigma_N = 41,3 + 3,6 = 44,9 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 9,8 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 48 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**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

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

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$

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

$$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 28,4 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 36,95 \text{ N/mm}^2$$

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

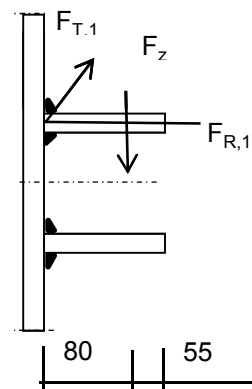
$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 29,98 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 44,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 72,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 186,3 \text{ N/mm}^2$$





Toetsing regel :

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 186,3 / 302,2 = 0,62 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 72,9 / 244,8 = 0,30 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

### 9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$$t_{\text{buis;nom}} = 22 \text{ mm}$$

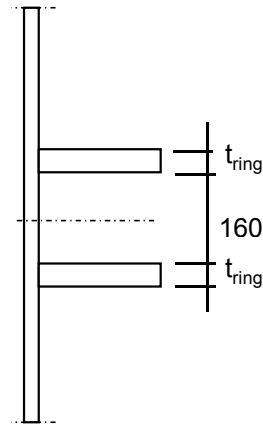
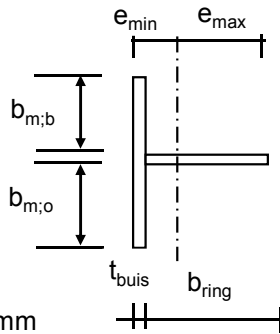
$$t_{\text{buis;reken}} = 22 \text{ mm}$$

$$t_{\text{ring;nom}} = 20 \text{ mm}$$

$$t_{\text{ring;reken}} = 20 \text{ mm}$$

$$b_{\text{ring}} = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Afstand tussen ringen} = 160 \text{ mm}$$



Mee werkende breedte :DIN 18801

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

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

$$\text{Staal S355 ; } f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$$

$$b_{m;b} = 232,0 \text{ mm}$$

$$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$$

$$A = 10004 \text{ mm}^2$$

$$e_{\text{min}} = 32,2 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 124,8 \text{ mm}$$

$$I = 16542576 \text{ mm}^4$$

$$W_{\text{min}} = 132539 \text{ mm}^3$$

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

$$N_{Rd} = 2367 \text{ kN}$$

$$M_{y;Rd} = 31 \text{ kNm}$$

$$M_{w;Rd} = 10520 \text{ kNm} \text{ (torsieweerstand mast)}$$

$$V_{Rd} = 369 \text{ kN}$$

Belastingen op 42,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m )

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> N	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> 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 =  $2 \cdot \alpha = 130,1$  graden  
 Mast 7 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 161,1$  graden  
 Mast 15 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden  
  
 Mast 176 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 139,3$  graden  
 Mast 149 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 169,2$  graden  
 Mast 148 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 173,4$  graden  
 Mast 132 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden  
 Mast 106 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 130,4$  graden  
 Mast 105 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 155,2$  graden

Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 169,2$  graden maatgevend  
 hoek  $\varphi = \arcsin(300 / (583+80)) = 26,9$  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

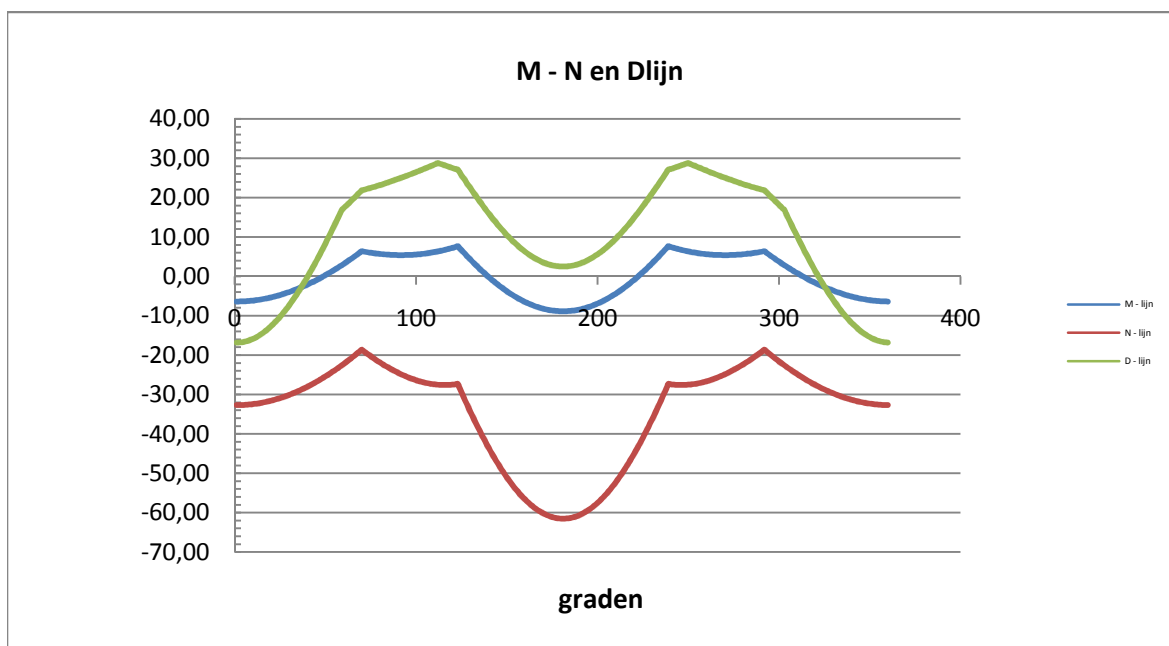
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

$\varphi$ 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

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

$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

$$I = 16542576 \text{ mm}^4$$



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

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = 61,54 / 2367 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 6,2 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = 8,88 / 31,4 = 0,28 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 67,0 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = 28,77 / 369 = 0,08 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 10,7 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 61,54$   
 $V_{Ed} = 2,52$

$$\sigma_b + \sigma_N = 67,0 + 6,2 = 73,2 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 73 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

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

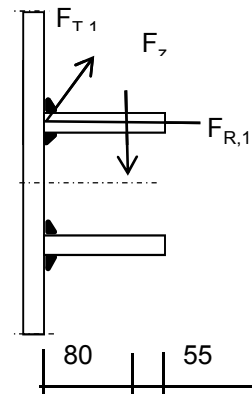
$$L_{las} = b_{m,ring} = 0,138 \cdot t \cdot \pi \cdot (E/fy)^{0,5} = 210 \text{ mm}$$

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$



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

$$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 28,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 31,01 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 40,56 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 44,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 73,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 191,8 \text{ N/mm}^2$$

Toetsing regel :

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad \text{of} \quad \tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$$

$$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel}(3))$$

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

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

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

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

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 191,8 / 302,2 = 0,63 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 73,2 / 244,8 = 0,30 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

### 9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$$t_{\text{buis;nom}} = 25 \text{ mm}$$

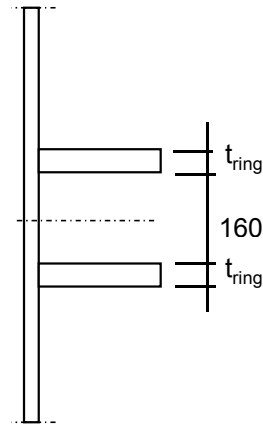
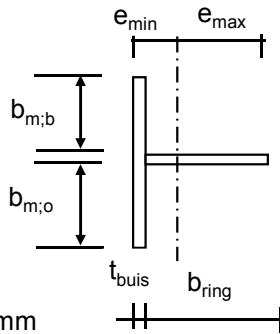
$$t_{\text{buis;reken}} = 25 \text{ mm}$$

$$t_{\text{ring;nom}} = 20 \text{ mm}$$

$$t_{\text{ring;reken}} = 20 \text{ mm}$$

$$b_{\text{ring}} = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Afstand tussen ringen} = 160 \text{ mm}$$



Mee werkende breedte :DIN 18801

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

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

$$\text{Staal S355 ; } f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$$

$$b_{m;b} = 263,6 \text{ mm}$$

$$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$$

$$A = 11790 \text{ mm}^2$$

$$e_{\text{min}} = 30,8 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 129,2 \text{ mm}$$

$$I = 17896923 \text{ mm}^4$$

$$W_{\text{min}} = 138543 \text{ mm}^3$$

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

$$N_{Rd} = 2790 \text{ kN}$$

$$M_{y;Rd} = 33 \text{ kNm}$$

$$M_{w;Rd} = 19893 \text{ kNm} \text{ (torsieweerstand mast)}$$

$$V_{Rd} = 369 \text{ kN}$$

Belastingen op 32,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m )

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> N	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> 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 =  $2 \cdot \alpha = 130,1$  graden  
Mast 7 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 161,1$  graden  
Mast 15 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden  
  
Mast 176 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 139,3$  graden  
Mast 149 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 169,2$  graden  
Mast 148 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 173,4$  graden  
Mast 132 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 180$  graden  
Mast 106 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 130,4$  graden  
Mast 105 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 155,2$  graden

hoek tussen lijnen  $2 \cdot \alpha = 180$  graden maatgevend  
hoek  $\varphi = \text{boogsin}(300 / (750+80)) = 21,2$  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



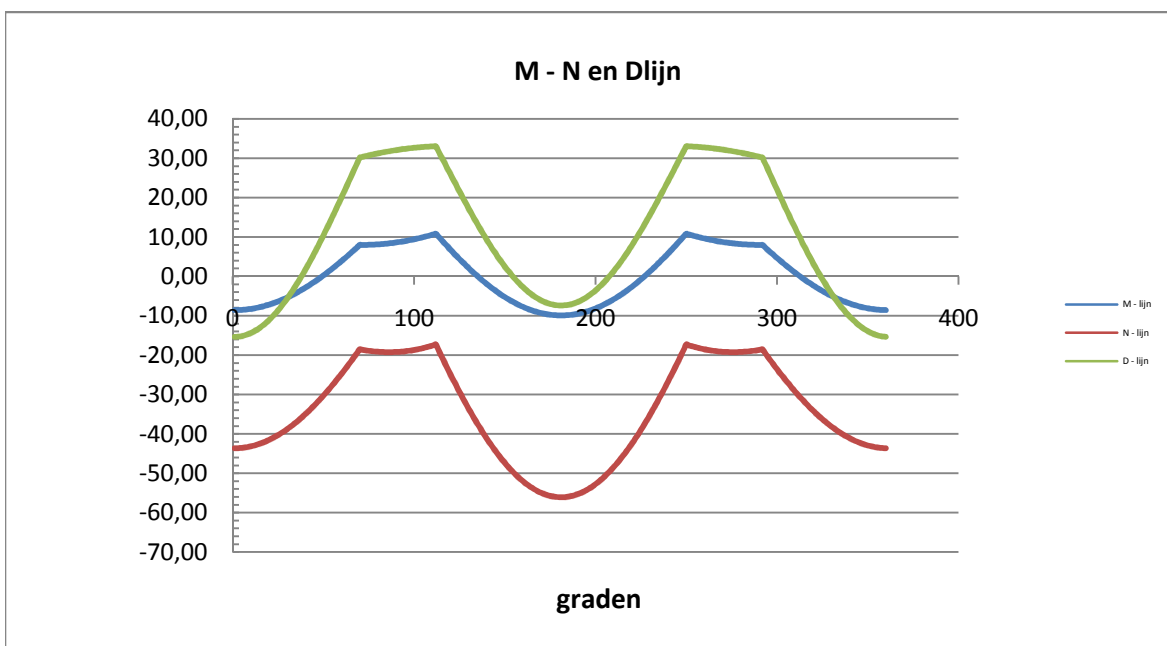
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

$\varphi$ 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

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

$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

$$I = 17896923 \text{ mm}^4$$



Controle spanningen :

$$\begin{array}{llll}
 N_{Ed,max} = & 56,1 & \text{kN} & N_{Rd} = & 2790 & \text{kN} \\
 M_{y,Ed,max} = & 10,83 & \text{kNm} & M_{Rd} = & 33 & \text{kNm} \\
 M_{w,Ed,max} = & 43,0 & \text{kNm} & M_{Rd} = & 19893 & \text{kNm} \\
 V_{Ed,max} = & 33,0 & \text{kN} & V_{Rd} = & 369 & \text{kN}
 \end{array}$$

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = \quad 56,09 / 2790 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_N = \quad 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = \quad 10,83 / 32,8 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_b = \quad 78,2 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = \quad 33,03 / 369 = 0,09 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \tau_z = \quad 12,2 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 56,09$   
 $V_{Ed} = 7,42$

$$\sigma_b + \sigma_N = 78,2 + 4,8 = 83,0 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 83 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 \* bevestigingspunten en 2 \* ringen)

$$\begin{array}{ll}
 F_{R,1,h} = & 64,53 \text{ kN} \\
 F_{T,1,h} = & 49,39 \text{ kN} \\
 F_z = & 14,69 \text{ kN} \\
 F_{Langs,Ed} = & 68,06 \text{ kN}
 \end{array}$$

$$L_{las} = b_{m,ring} = 0,138 \cdot t \cdot \pi \cdot (E/f_y)^{0,5} = 210 \text{ mm}$$

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$

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

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

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 30,87 \text{ N/mm}^2$$

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

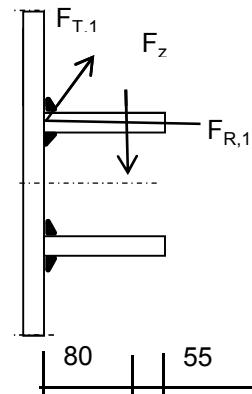
$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 42,54 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 44,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 73,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 193,7 \text{ N/mm}^2$$



Toetsing regel :

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad \text{of} \quad \tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$$

$$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel}(3))$$

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

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

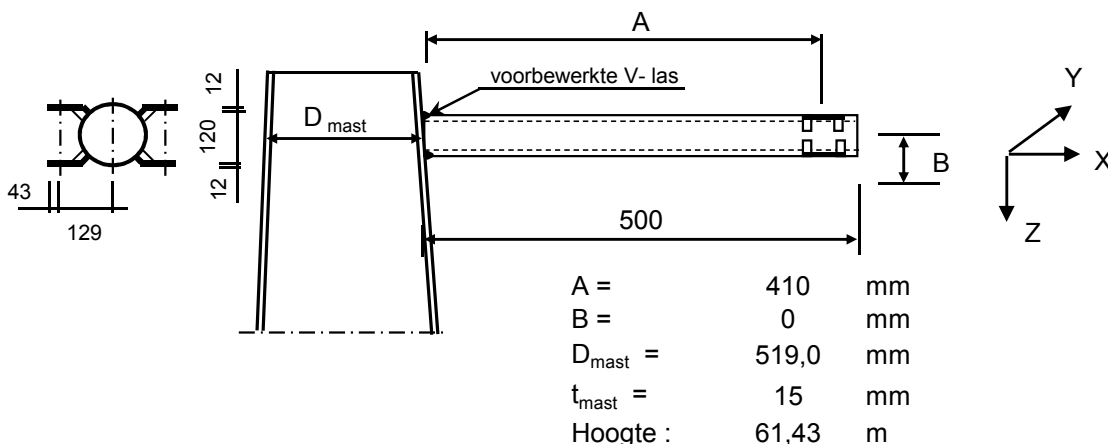
Materiaal S 355 ---->  $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$  en  $\beta_w = 0,9$

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

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 193,7 / 302,2 = 0,64 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 73,0 / 244,8 = 0,30 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

## 9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



### Buisgegevens

Buis Ø168,3 \* 8 - S355 ;

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

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

A =	4029	mm <sup>2</sup>	N <sub>Ed</sub> = A * f <sub>y</sub> =	953	kN
W <sub>y</sub> = W <sub>z</sub> =	1,54E+05	mm <sup>3</sup>	M <sub>y,Ed</sub> = W <sub>y</sub> * f <sub>y</sub> =	36,5	kNm
W <sub>x</sub> =	3,08E+05	mm <sup>3</sup>	M <sub>z,Ed</sub> = W <sub>z</sub> * f <sub>y</sub> =	36,5	kNm
			M <sub>x,Ed</sub> = W <sub>x</sub> * f <sub>y</sub> / 3 <sup>0,5</sup> =	42,1	kNm
			V <sub>Rd</sub> = 0,5 * A * f <sub>y</sub> / 3 <sup>0,5</sup> =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix N en N1

	AHEAD			BACK		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>
	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<sub>x</sub> = Transverse kracht

F<sub>y</sub> = Longitudinale kracht

F<sub>z</sub> = Verticale kracht

	F <sub>x,Ed</sub> kN	F <sub>y,Ed</sub> kN	F <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>x,Ed</sub> kNm	M <sub>y,Ed</sub> kNm	M <sub>z,Ed</sub> 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)	<b>21,594</b>	<b>36,481</b>	<b>3,798</b>	<b>0,00</b>	<b>1,56</b>	<b>14,96</b>

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

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

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

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

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 1,56 / 36 = 0,04 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 10,1 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 14,96 / 36 = 0,41 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 97,0 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = 21,59 / 953 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 5,4 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 3,80 / 275 = 0,01 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 1,9 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{y,Ed} / V_{y,Rd} = 36,48 / 275 = 0,13 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_y = 18,1 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = (\sigma_{b,y}^2 + \sigma_{b,z}^2)^{0,5} + \sigma_N = 103 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{max}^2 + 3*\tau_y^2 + 3*\tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 108 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Buis 168,3\*8 :

Lassen : Rondom voorbereekte V- las met volledige doorsnede doorlassen

### 9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d <sub>i</sub> (mm)	t <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwiteit	f <sub>y</sub>	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
0	519,0	15,0	23751	S355	355	2908675
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

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

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\theta_1 = 90 \quad \text{graden} ; \quad \beta = d_i / d_0 = 0,32$$

$$\gamma = d_0 / 2 * t_0 = 17,3$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 20,32 \quad \text{kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 14,09 \quad \text{kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,02 \quad \text{of} \quad n_p = -0,011$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)} ;$$

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

$$k_p = 1,00$$

$$M_{ip,1,Rd} = 58,3 \quad \text{kNm}$$

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

$$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((1 + 3 * \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 58,1 \quad \text{kNm}$$

$$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd} = 7,58 / 58,1 = 0,13 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Momentcapaciteit uit het vlak

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

$$M_{op,1,Rd} = 32,7 \quad \text{kNm}$$

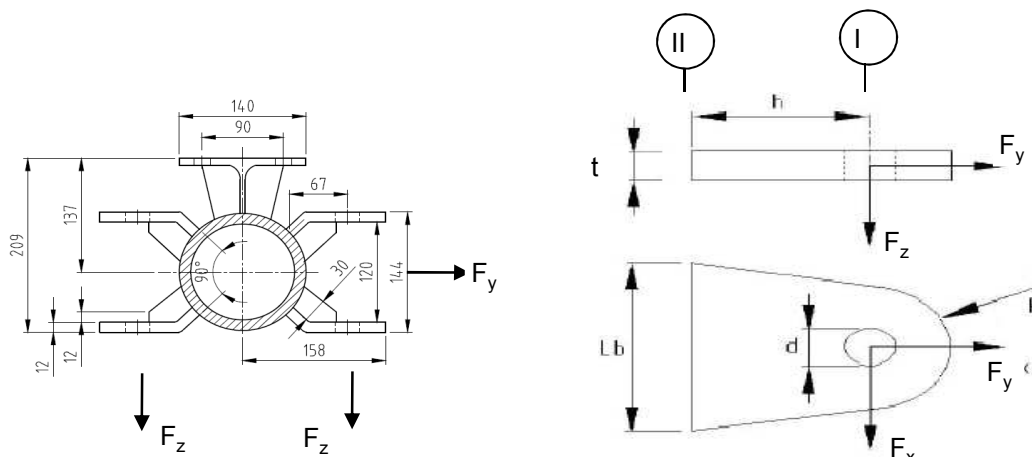
Pons controle ; Voor  $d_1 \leq d_0 - 2 * t_0$  :

$$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((3 + \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 58,1 \quad \text{kNm}$$

$$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd} = 14,96 / 32,7 = 0,46 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

**9.2.2 - Berekening clip bliksemendraad (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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ 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)	<b>32,45</b>	<b>58,15</b>	<b>9,25</b>
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**

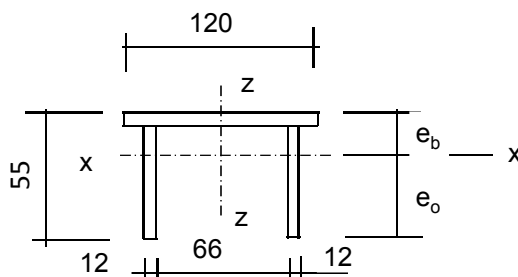
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip:  $F_{Ed,max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5} = 29,4 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 43 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa} \text{ -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips



$$e_b = 17,5 \text{ mm}$$

$$e_o = 37,5 \text{ mm}$$

$$A = 2472 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{schot}} = 1032 \text{ mm}^3$$

$$I_x = 630925 \text{ mm}^4$$

$$W_{x,\text{min}} = 16816 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 3310056 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 55168 \text{ mm}^3$$

$$N_{\text{Rd}} = A * f_y = 585 \text{ kN}$$

$$M_{x,\text{Rd}} = W_{x,\text{min}} * f_y = 4,0 \text{ kNm}$$

$$M_{z,\text{Rd}} = W_z * f_y = 10,5 \text{ kNm}$$

$$V_{z,\text{Rd}} = A_{\text{schot}} * f_y / 3^{0,5} = 141,0 \text{ kN}$$

$$V_{x,\text{Rd}} = A_{\text{ribbe}} * f_y / 3^{0,5} = 196,8 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} = 29,08 \text{ kN}$$

$$V_{z,\text{Ed}} = 9,25 \text{ kN}$$

$$V_{x,\text{Ed}} = 16,23 \text{ kN}$$

$$M_{z,\text{Ed}} = V_{x,\text{Ed}} * h = 1,05 \text{ kNm}$$

$$M_{x,\text{Ed}} = V_{z,\text{Ed}} * h = 0,60 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{Ed}} / N_{\text{Rd}} = 29,08 / 585 = 0,05 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 11,8 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{z,\text{Ed}} / M_{z,\text{Rd}} = 1,05 / 10,5 = 0,10 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,z} = 23,7 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{x,\text{Ed}} / M_{x,\text{Rd}} = 0,60 / 4,0 = 0,15 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,x} = 35,7 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{z,\text{Ed}} / V_{z,\text{Rd}} = 9,25 / 141 = 0,07 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 9,0 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{x,\text{Ed}} / V_{x,\text{Rd}} = 16,23 / 197 = 0,08 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_x = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning

$$\sigma_{\text{max}} = 71,2 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{\text{vlg}} = ( \sigma_{\text{max}}^2 + 3 * \tau_x^2 + 3 * \tau_z^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = 75 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$



### Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$$a = 5 \text{ mm} \qquad t = 12 \text{ mm}$$

$$t_1 = 12 \text{ mm}$$

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

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

$$\sigma_1 = 60,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 60,4 \text{ N/mm}^2$$

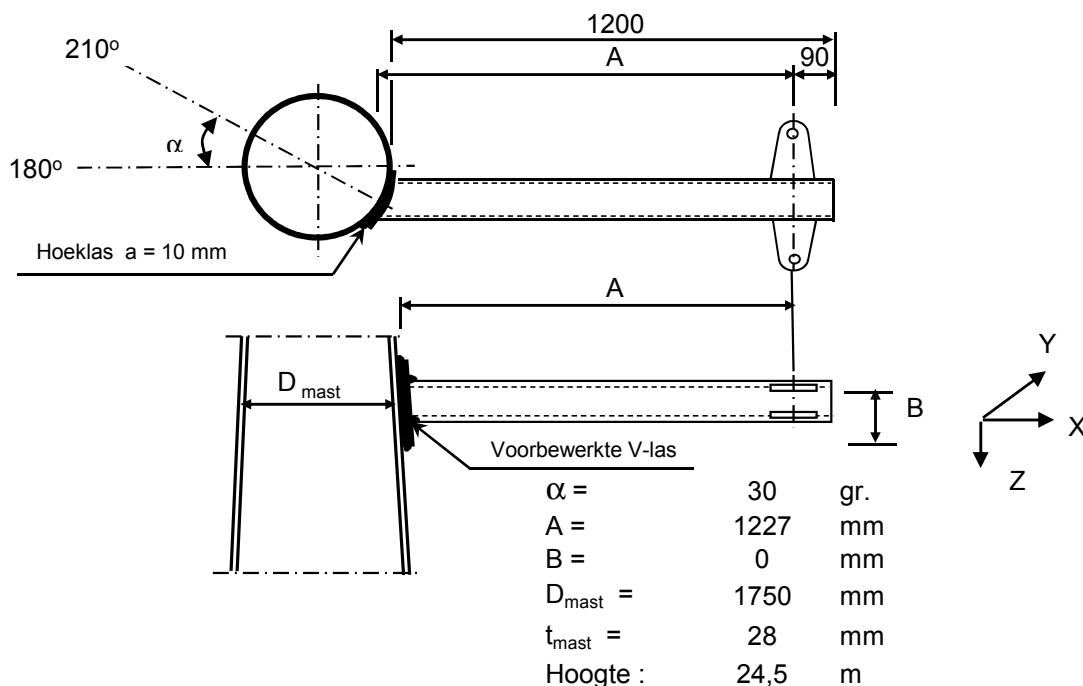
$$\tau_2 = 0 \qquad 13,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 123,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 123,1 / 302,2 = 0,41 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 60,4 / 244,8 = 0,25 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

**9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"**



**Buisgegevens**

Buis  $\varnothing 273 * 8 - S355$  ;

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

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

$A =$	6660	$\text{mm}^2$	$N_{Ed} = A * f_y =$	1576	kN
$W_y = W_z =$	4,29E+05	$\text{mm}^3$	$M_{y,Ed} = W_y * f_y =$	101,5	kNm
$W_x =$	8,57E+05	$\text{mm}^3$	$M_{z,Ed} = W_z * f_y =$	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 <sub>x,Ed</sub>	F <sub>y,Ed</sub>	F <sub>z,Ed</sub>	M <sub>x,Ed</sub>	M <sub>y,Ed</sub>	M <sub>z,Ed</sub>
	kN	kN	kN	kNm	kNm	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)	<b>36,772</b>	<b>65,513</b>	<b>7,764</b>	<b>0,00</b>	<b>9,53</b>	<b>80,40</b>

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

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

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

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

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 9,53 / 101 = 0,09 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 80,40 / 101 = 0,79 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 187,5 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = 36,77 / 1576 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 5,5 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{y,Ed} / V_{y,Rd} = 65,51 / 455 = 0,14 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_y = 19,7 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = (\sigma_{b,y}^2 + \sigma_{b,z}^2)^{0,5} + \sigma_N = 194 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{max}^2 + 3*\tau_y^2 + 3*\tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 197 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

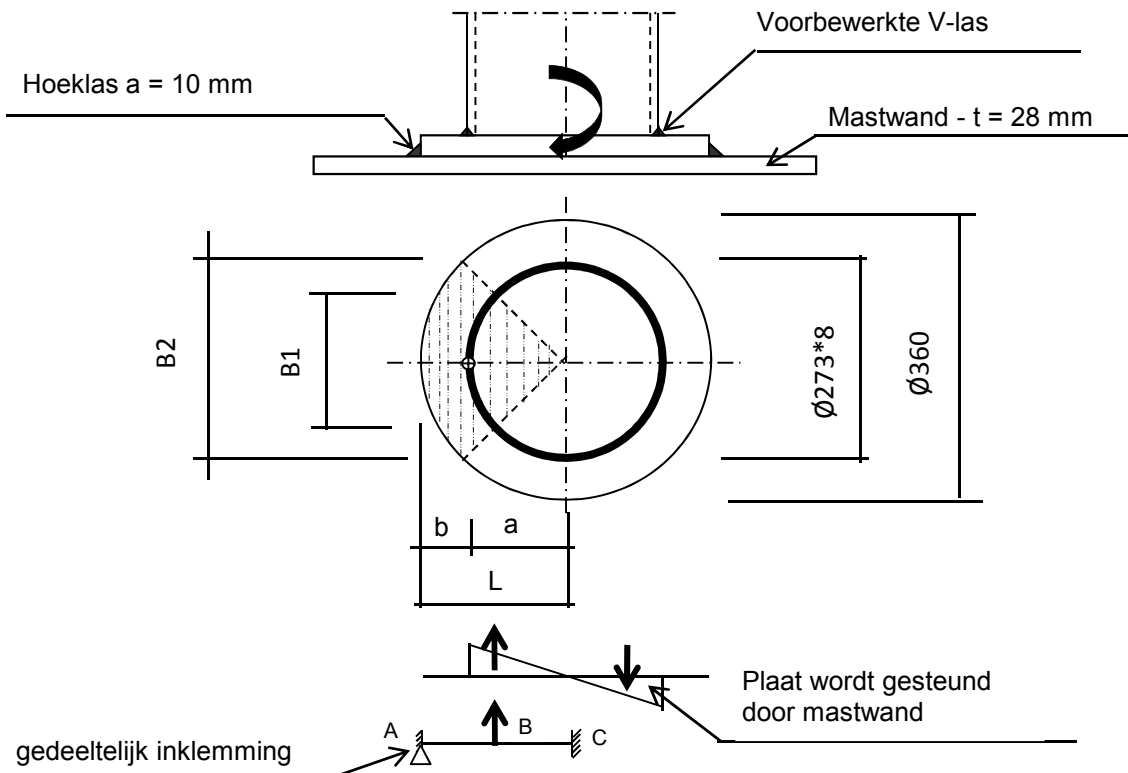
$$\text{Materiaal S 355 ----> } f_u = 510 \text{ N/mm}^2 \text{ en } \beta_w = 0,9$$

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

Buis 273\*8 aan de versterkingsplaat

Lassen : Rondom voorberewkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

### Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 \* 25 - S355

Buis Ø273 \* 8 - S355 ;

A =	6660	mm <sup>2</sup>
W =	428697	mm <sup>3</sup>
I =	58517143	mm <sup>4</sup>
R =	137	mm

Hoeklas a = 10,0 mm

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

#### Maatgevend belasting

$$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} = 81,0 \text{ kNm}$$

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

$$F_{Ed} = 268,4 \text{ kN}$$

$$a = R_{buis} = 136,5$$

$$b = R_{pl} - a = 43,5$$

$$B1 = 193,0 \text{ mm ; Boog B1} = 214 \text{ mm}$$

$$B2 = 254,6 \text{ mm ; Boog B2} = 283 \text{ mm}$$

$$\text{Percentage inklemming} = a_{las} / t_{pl} = 40,0\%$$

$$\text{Percentage vrij oplegging} = 60,0\%$$

#### Volledig opleggingg:

$$M_{A;Ed} = 0 \quad 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2) * (2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 7,53 \text{ kNm}$$

$$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3) * (b + 2.L) = 173,0 \text{ kN}$$

Volledig inklemming:

$$M_{A,Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 6,71 \text{ kNm}$$

$$M_{B,Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 3,25 \text{ kNm}$$

$$R_{A,Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2 * b / L) = 229,0 \text{ kN}$$

Gedeeltelijk inklemming:

$$M_{A,Ed} = 0,0 * 60,0\% + 6,7 * 40,0\% = 2,69 \text{ kNm}$$

$$M_{B,Ed} = 7,5 * 60,0\% + 3,2 * 40,0\% = 5,81 \text{ kNm}$$

$$R_{A,Ed} = 173,0 * 60,0\% + 229,0 * 40,0\% = 195,4 \text{ kN}$$

$$M_{A,Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 10,46 \text{ kNm}$$

$$M_{B,Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 7,93 \text{ kNm}$$

$$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} = 2,69 / 10,46 = 0,26 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,A} = 60,8 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} = 5,81 / 7,93 = 0,73 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,B} = 173,5 \text{ N/mm}^2$$

Ter plaatse van buiten ring:

$$V_{Ed} = 195,4 \text{ kN}$$

$$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

Ter plaatse van binnen ring :

$$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} = 36,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3 * \tau^2\}^{0,5} = 184,7 \text{ N/mm}^2$$

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 107,5 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v schuifspanning:

$$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 48,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{1,\max} &= 107,5 + 48,9 = 156,3 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{1,\max} &= 107,5 - 48,9 = 58,6 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_2 &= 0 \\ \sigma_{Ed} &= \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 186,4 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) &= 186,4 / 302,2 = 0,62 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\ \sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} &= 156,3 / 244,8 = 0,64 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \end{aligned}$$

### 9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d <sub>i</sub> (mm)	t <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwaliteit	f <sub>y</sub>	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
0	1750,2	28,0	151493	S355	355	64198753
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

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

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\theta_1 = 90 \quad \text{graden} ; \quad \beta = d_i / d_0 = 0,21$$

$$\gamma = d_0 / 2 * t_0 = 31,3$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 514,4 \quad \text{kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 15584,4 \quad \text{kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,69 \quad \text{of} \quad n_p = -0,674$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \quad (\text{trek}) ;$$

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

$$k_p = 0,65$$

$$M_{ip,1,Rd} = 241,3 \quad \text{kNm}$$

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

$$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((1 + 3 * \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 495,8 \quad \text{kNm}$$

$$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd} = 45,84 / 241,3 = 0,19 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Momentcapaciteit uit het vlak

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

$$M_{op,1,Rd} = 140,2 \quad \text{kNm}$$

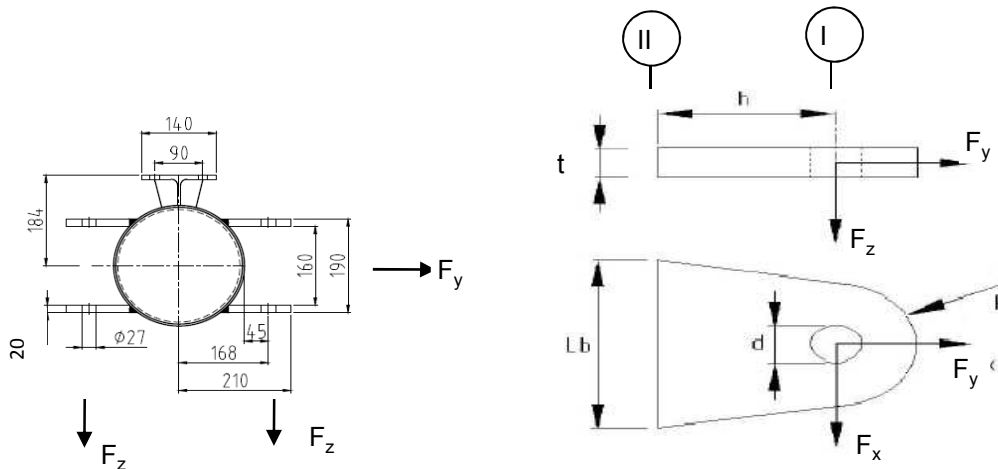
Pons controle ; Voor  $d_1 \leq d_0 - 2 * t_0$  :

$$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((3 + \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 495,8 \quad \text{kNm}$$

$$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd} = 80,40 / 140,2 = 0,57 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

**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 = voorberekte V-las

Materiaal - S 355 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ 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)	<b>60,01</b>	<b>113,16</b>	<b>18,68</b>
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:  $F_{Ed,max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5} = 57,3 \text{ kN}$   
 $\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 50 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips

A = 2800 mm<sup>2</sup>       $N_{Rd} = A * f_y = 663 \text{ kN}$   
 $W_z = 6,53E+04 \text{ mm}^3$        $M_{z,Rd} = W_z * f_y = 15,5 \text{ kNm}$   
 $W_x = 9,33E+03 \text{ mm}^3$        $M_{x,Rd} = W_x * f_y = 2,2 \text{ kNm}$   
 $V_{Rd} = A * f_y / 3^{0,5} = 382,6 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 56,58 \text{ kN}$        $M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h = 2,25 \text{ kNm}$   
 $V_{z,Ed} = 18,68 \text{ kN}$        $M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h = 1,40 \text{ kNm}$   
 $V_{x,Ed} = 30,01 \text{ kN}$



$N_{Ed} / N_{Rd} =$	56,58 / 663	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_N =$		20,2	N/mm <sup>2</sup>
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} =$	2,25 / 15,5	=	0,15	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,z} =$		34,4	N/mm <sup>2</sup>
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd} =$	1,40 / 2,2	=	0,63	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,x} =$		150,1	N/mm <sup>2</sup>
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$	18,68 / 383	/	0,05	< 1,0 -- Voldoet
	$\tau_z =$		6,7	N/mm <sup>2</sup>
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd} =$	30,01 / 383	/	0,08	< 1,0 -- Voldoet
	$\tau_x =$		10,7	N/mm <sup>2</sup>

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = 204,7 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{max}^2 + 3*\tau_x^2 + 3*\tau_z^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 206 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

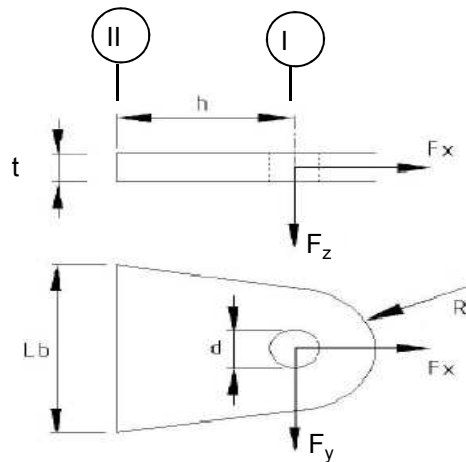
$$\gamma_M = 1,25 ; \gamma_{m,extra} = 1,5 \text{ (extra materiaalfactor)}$$

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

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

Lassen : Rondom voorberewkte 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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ 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:  $F_{Ed,max} = 0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} = 100,0 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 60 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa} \text{ -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm <sup>2</sup>	$N_{Rd} = A * f_y =$	521	kN
$W_y =$	4,03E+04	mm <sup>3</sup>	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	9,5	kNm
$W_z =$	7,33E+03	mm <sup>3</sup>	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	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			

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} / N_{Rd} &= 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_N &= 32,1 \text{ N/mm}^2 \\
 M_{y,Ed} / M_{y,Rd} &= 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_{b,y} &= 96,4 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{z,Ed} / V_{z,Rd} &= 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \tau_y &= 32,1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximale buigspanning

$$\sigma_{b,max} = \{ 32,1 + 96,4 \} = 128,6 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{b,max}^2 + 3 * \tau_y^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 140 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= 0,00 \text{ kN} & M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h &= 5,500 \text{ kNm} \\
 V_{y,Ed} &= 100,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{y,Ed} / M_{y,Rd} &= 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_{b,y} &= 136,4 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{z,Ed} / V_{z,Rd} &= 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \tau_y &= 45,5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{b,max}^2 + 3 * \tau_y^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 157 \text{ N/mm}^2 < 230 \text{ MPa -- Voldoet}$$

### Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

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 <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	2550,3	28,0	221876	S355	355	138392000
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,04 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,04$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 1024,7 \text{ kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 38531,8 \text{ kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,80 \quad \text{of} \quad n_p = -0,771$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)}$$

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

$$k_p = 0,57$$

$$N_{1,Rd} = 534,6 \text{ kN} \quad \text{--->} \quad > N_{1,Ed} ; \text{ voldoet}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 70,71 / 534,6 = 0,13 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 58,8 \text{ kNm} \quad \text{--->} \quad > M_{1,Ed} ; \text{ voldoet}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 3,89 / 58,8 = 0,07 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Pons controle

$$\sigma_{\max,t_i} = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{ (f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Ed} = 70,71 \text{ kN} ; \quad M_{1,Ed} = 3,889 \text{ kNm}$$

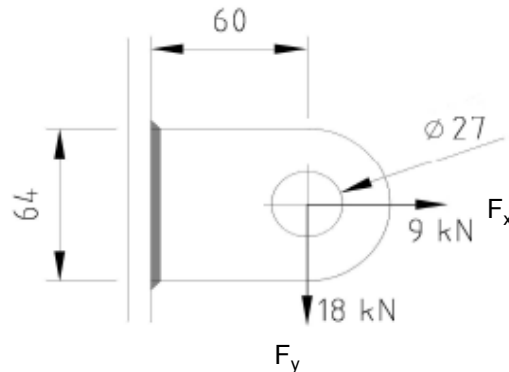
$$\sigma_{\max,t_i} = 2571 \text{ N/mm}^2$$

$$\{ (f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} = 7652 \text{ N/mm}^2 \quad \text{--->} \quad \text{voldoet}$$

### 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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip:  $F_{Ed,max} = (F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5} = 20,1 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 27 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm <sup>2</sup>	$N_{Rd} = A * f_y =$	303	kN
$W_y =$	1,37E+04	mm <sup>3</sup>	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	3,2	kNm
$W_z =$	4,27E+03	mm <sup>3</sup>	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	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			

$N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_N = 7,0 \text{ N/mm}^2$

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_{b,y} = 79,1 \text{ N/mm}^2$

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\tau_y = 14,1 \text{ N/mm}^2$

Maximale buigspanning

$$\sigma_{b,max} = \{ 7,0 + 79,1 \} = 86,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{b,max}^2 + 3\tau_y^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 90 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa} \text{ -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$$a = 5 \text{ mm} \qquad t = 20 \text{ mm}$$

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

$$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$$

$$\sigma_1 = 121,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 121,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_2 = 0 \qquad 28,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 248,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 248,4 / 302,2 = 0,82 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 121,8 / 244,8 = 0,50 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

### 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 <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	1590,2	25,0	122929	S355	355	47357080
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,04 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,04$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 425,5 \text{ kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 12278,1 \text{ kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,74 \quad \text{of} \quad n_p = -0,721$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)}$$

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

$$k_p = 0,61$$

$$N_{1,Rd} = 458,4 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 9,00 / 458,4 = 0,02 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 29,3 \text{ kNm}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 1,08 / 29,3 = 0,04 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Pons controle

$$\sigma_{\max,t_i} = ( N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el} ) * t_i \leq \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Ed} = 9,00 \text{ kN} ; \quad M_{1,Ed} = 1,080 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{l} \sigma_{\max,t_i} = 1723 \text{ N/mm}' \\ \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} = 6832 \text{ N/mm}' \quad \text{---> voldoet} \end{array}$$

**Clip op 51,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)**

buis/plaat	$d_i / h_i$ (mm)	$t_i$ (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	840,1	15,0	38880	S355	355	7878898
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,08 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,08$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 113,9 \text{ kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 959,2 \text{ kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,35 \quad \text{of} \quad n_p = -0,335$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)}$$

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

$$k_p = 0,86$$

$$N_{1,Rd} = 232,7 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 9,00 / 232,7 = 0,04 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 14,9 \text{ kNm}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 1,08 / 14,9 = 0,07 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Pons controle

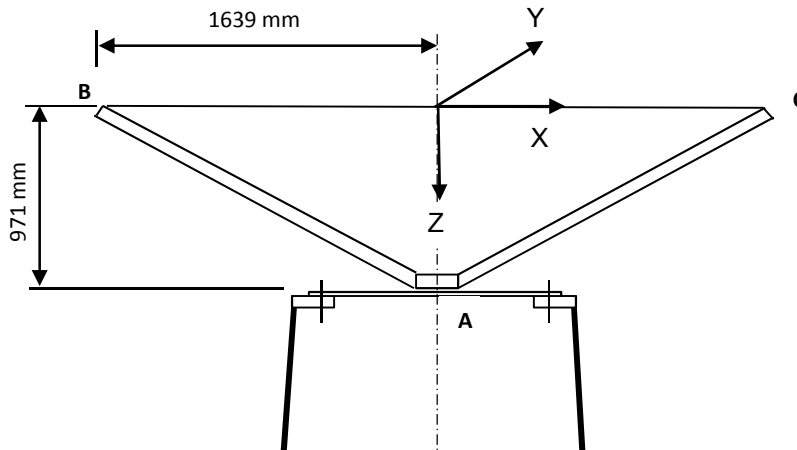
$$\sigma_{\max,t_i} = ( N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el} ) * t_i \leq \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Ed} = 9,00 \text{ kN} ; \quad M_{1,Ed} = 1,080 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{l} \sigma_{\max,t_i} = 1723 \text{ N/mm}' \\ \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} = 4099 \text{ N/mm}' \quad \text{---> voldoet} \end{array}$$



**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

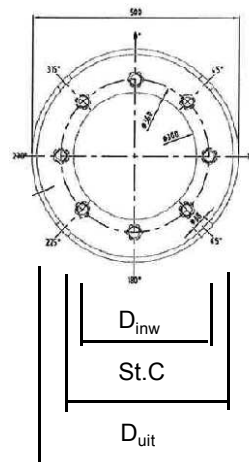
Verticaal: $R_{z,A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal: $R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment: $M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing: $M_{z,A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

**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<sup>2</sup>  
 Aantal bouten 8  
 Bouten M24 - 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

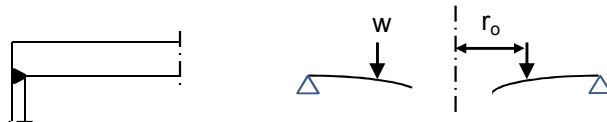
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd} =$	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

**Controle ring :**

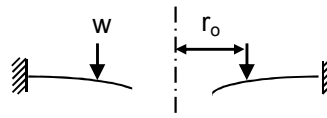
maatgevend belastinggeval : BG2.

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

$w_{(r_o)} = 31$  N/mm'

$a = 250$  mm

$b = 150$  mm

$r_o = 180$  mm

$\nu = 0,3$

$E = 210000$  N/mm<sup>2</sup>

$f_y = 237$  N/mm<sup>2</sup>

$D = E \cdot t^3 / 12 \cdot (1 - \nu^2) = 519230769$

$C_1 = 0,5 \cdot (1 + \nu) \cdot (b/a) \cdot \ln(a/b) + 0,25 \cdot (1 - \nu) \cdot ((a/b) - (b/a)) = 0,3859$

$C_4 = 0,5 \cdot [(1 + \nu) \cdot (b/a) + (1 - \nu) \cdot (a/b)] = 0,9733$

$C_7 = 0,5 \cdot (1 - \nu^2) \cdot ((a/b) - (b/a)) = 0,4853$

$L_3 = (r_o/4a) \cdot \{ [(r_o/a)^2 + 1] \cdot \ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 - 1 \} = 0,0031$

$L_6 = (r_o/4a) \cdot [(r_o/a)^2 - 1 + 2 \cdot \ln(a/r_o)] = 0,0316$

$L_9 = (r_o/a) \cdot \{ 0,5 \cdot (1 + \nu) \cdot \ln(a/r_o) + 0,25 \cdot (1 - \nu) \cdot [1 - (r_o/a)^2] \} = 0,2144$

$F_7 = 0,5 \cdot (1 - \nu^2) \cdot ((r/b) - (b/r))$  ; en voor  $r = r_o = 0,1668$

$\theta_b = w \cdot a^2 \cdot L_6 / D \cdot C_4 = 0,0001$

$M_{ra} = \text{percentage inkl.} \cdot w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4) = 769$  Nmm/mm'

$$Q_a = w \cdot r_o / a = \quad \quad \quad 22 \quad \text{N/mm'}$$

Ten gevolge van moment ;  $M_{y,Ed} = 71,93 \quad \text{kNm}$

$$w = F_{\text{bout,max}} / (2 \cdot \pi \cdot r_o / n_{\text{bout}})$$

$$w = (4 \cdot M_{y,Ed} \cdot 1000 / (360 \cdot 8)) / (2\pi \cdot 180 / 8) = \quad \quad \quad 707 \quad \text{N/mm'}$$

$$M_{ra} = \text{percentage inkl.} \cdot w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4) = \quad \quad \quad 17550 \quad \text{Nmm/mm'}$$

$$M_{ra,\text{max},Ed} = \quad \quad \quad 18318 \quad \text{Nmm/mm'}$$

$$Q_a = w \cdot r_o / a = \quad \quad \quad 509 \quad \text{N/mm'}$$

$$Q_{a\text{max}} = \quad \quad \quad 531$$

$$M_{Rd} = (1/6) \cdot 1 \cdot t^2 \cdot f_y = \quad \quad \quad 35500 \quad \text{Nmm/mm'}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = \quad \quad \quad 18318 / 35500 = 0,52 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$\sigma_b = \quad \quad \quad 122,1 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_z = w_{\text{tot}} / t = \quad \quad \quad 531 / 30 = 17,70 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = (\sigma_{b,\text{max}}^2 + 3 \cdot \tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = \quad \quad \quad 126 \quad \text{N/mm}^2 < 237 \text{ MPa} \quad \text{-- Voldoet}$$

#### Controle spanning in de buis

Buis Ø500 \* 15 - S355 ;

$$A = \quad \quad \quad 22855 \quad \text{mm}^2 \quad \quad \quad N_{Ed} = A \cdot f_y = \quad \quad \quad 8114 \quad \text{kN}$$

$$W_y = W_z = \quad \quad \quad 2,69\text{E}+06 \quad \text{mm}^3 \quad \quad \quad M_{y,Ed} = W_y \cdot f_y = \quad \quad \quad 955,2 \quad \text{kNm}$$

$$N_{Ed} = \quad \quad \quad 35 \quad \text{kN}$$

$$M_{y,Ed} = \quad \quad \quad 71,93 \quad \text{kNm}$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = \quad \quad \quad 35,00 / 8114 = 0,00 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$\sigma_N = \quad \quad \quad 1,5 \quad \text{N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = \quad \quad \quad 71,93 / 955 = 0,08 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = \quad \quad \quad 26,7 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = \quad \quad \quad 28,3 \quad \text{N/mm}^2$$

#### Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

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

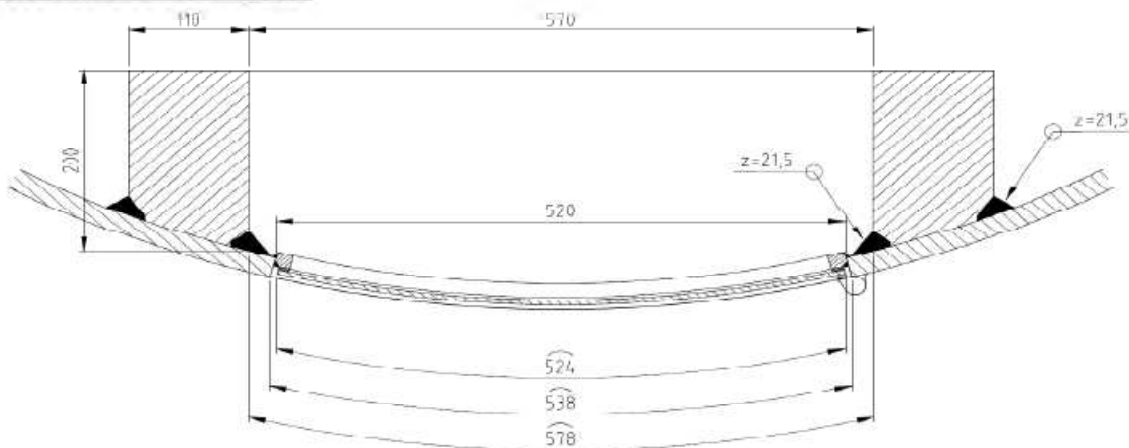
$$\text{Materiaal S 355} \quad \text{---->} \quad f_u = 510 \text{ N/mm}^2 \quad \text{en} \quad \beta_w = 0,9$$

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

Lassen : Rondom voorberewte 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

$A_{\text{buis}} = 219750 \text{ mm}^2$

$A_{\text{versterking}} = 40531 \text{ mm}^2$

$A_{\text{verlies}} = 14502 \text{ mm}^2$

$A_{\text{tot}} = 245778 \text{ mm}^2$

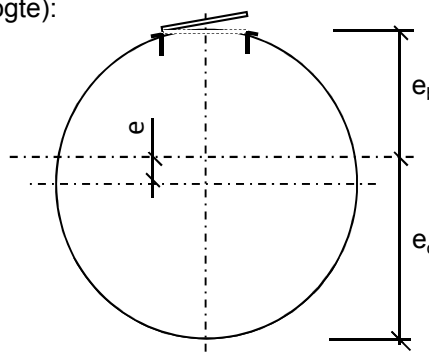
$e = 107,2 \text{ mm}$

$e_b = 1155,9 \text{ mm}$  ;  $e_o = 1370,3 \text{ mm}$

$I_{\text{tot}} = 1,95\text{E}+11 \text{ mm}^4$

$W_{\text{min}} = 1,42\text{E}+08 \text{ mm}^3$

$W_{\text{max}} = 1,69\text{E}+08 \text{ mm}^3$



Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2<sup>e</sup> orde effect)

$M_{\text{Ed}} = 39022 \text{ kNm}$  ;  $N_{\text{Ed}} = 1025 \text{ kN}$

$\sigma_N = N_{\text{Ed}} / A_{\text{tot}} = 4,2 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_b = M_{\text{Ed}} / W_{\text{min}} = 274,3 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{\text{max}} = 4,2 + 274,3 = 278,5 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ MPa} \text{ -- Voldoet}$

## **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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17046	70458	137544	17046	70458	-137544
	380C1F2 / 380C2F2	17046	69655	136876	17046	69655	-136876
	380C1F3 / 380C2F3	17045	68668	136110	17045	68668	-136110
	GW / opgw	2226	9796	18590	2226	9796	-18590
	Comp. gl	4617	18864	37163	4617	18864	-37163
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	72973	153782	17036	72973	-153782
	380C1F2 / 380C2F2	17036	72875	153781	17036	72875	-153781
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72751	153785	17036	72751	-153785
	GW / opgw	2225	9509	19909	2225	9509	-19909
	Comp. gl	4615	19347	40832	4615	19347	-40832
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29376	104312	216126	29376	104312	-216126
	380C1F2 / 380C2F2	29376	104020	216089	29376	104020	-216089
	380C1F3 / 380C2F3	29376	103654	216058	29376	103654	-216058
	GW / opgw	9244	26783	54949	9244	26783	-54949
	Comp. gl	18676	53224	110761	18676	53224	-110761
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20053	73762	155471	20053	73762	-155471
	380C1F2 / 380C2F2	20053	73667	155479	20053	73667	-155479
	380C1F3 / 380C2F3	20053	73547	155493	20053	73547	-155493
	GW / opgw	2978	10784	22643	2978	10784	-22643
	Comp. gl	6122	21974	46465	6122	21974	-46465
<b>6</b> Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
	380C1F2 / 380C2F2	17045	66677	134803	17056	124305	-204739
	380C1F3 / 380C2F3	17045	66131	134516	17054	115909	-193419
	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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	72547	153803	17037	79755	-157640
	380C1F2 / 380C2F2	17036	72487	153812	17036	78948	-156952
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72410	153824	17036	77958	-156163
	GW / opgw	2225	9428	19902	2225	10900	-20985
	Comp. gl	4615	19245	40840	4615	20946	-41664
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
	380C1F2 / 380C2F2	29376	102881	216055	29380	122823	-228863
	380C1F3 / 380C2F3	29376	102659	216072	29379	119728	-225957
	GW / opgw	9244	26385	54955	9247	33116	-58719
	Comp. gl	18676	52715	110835	18679	60793	-113667
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20053	73350	155525	20053	79986	-158127
	380C1F2 / 380C2F2	20053	73291	155536	20053	79261	-157616
	380C1F3 / 380C2F3	20053	73217	155553	20053	78368	-157037
	GW / opgw	2978	10709	22648	2978	11966	-23269
	Comp. gl	6122	21877	46484	6122	23381	-46885
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
	380C1F2 / 380C2F2	17055	118872	197406	17055	118872	-197406
	380C1F3 / 380C2F3	17053	111117	186995	17053	111117	-186995
	GW / opgw	2228	20429	32679	2228	20429	-32679
	Comp. gl	4620	31951	53373	4620	31951	-53373
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	79030	157020	17036	79030	-157020
	380C1F2 / 380C2F2	17036	78303	156430	17036	78303	-156430
	380C1F3 / 380C2F3	17036	77410	155757	17036	77410	-155757
	GW / opgw	2225	10748	20825	2225	10748	-20825
	Comp. gl	4615	20776	41527	4615	20776	-41527
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
	380C1F2 / 380C2F2	29380	120807	226950	29380	120807	-226950
	380C1F3 / 380C2F3	29379	118012	224428	29379	118012	-224428
	GW / opgw	9246	32450	58151	9246	32450	-58151
	Comp. gl	18678	60012	113159	18678	60012	-113159
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20053	79334	157666	20053	79334	-157666
	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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20053	77872	156743	20053	77872	-156743
	GW / opgw	2978	11840	23167	2978	11840	-23167
	Comp. gl	6122	23237	46803	6122	23237	-46803
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17057	130900	213662	17045	67119	-135061
	380C1F2 / 380C2F2	17056	124305	204739	17045	66677	-134803
	380C1F3 / 380C2F3	17054	115909	193419	17045	66131	-134516
	GW / opgw	2228	21514	34170	2226	9102	-17936
	Comp. gl	4620	33409	55362	4617	18081	-36619
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17037	79755	157640	17036	72547	-153803
	380C1F2 / 380C2F2	17036	78948	156952	17036	72487	-153812
	380C1F3 / 380C2F3	17036	77958	156163	17036	72410	-153824
	GW / opgw	2225	10900	20985	2225	9428	-19902
	Comp. gl	4615	20946	41664	4615	19245	-40840
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29381	125336	231339	29376	103058	-216048
	380C1F2 / 380C2F2	29380	122823	228863	29376	102881	-216055
	380C1F3 / 380C2F3	29379	119728	225957	29376	102659	-216072
	GW / opgw	9247	33116	58719	9244	26385	-54955
	Comp. gl	18679	60793	113667	18676	52715	-110835
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20053	79986	158127	20053	73350	-155525
	380C1F2 / 380C2F2	20053	79261	157616	20053	73291	-155536
	380C1F3 / 380C2F3	20053	78368	157037	20053	73217	-155553
	GW / opgw	2978	11966	23269	2978	10709	-22648
	Comp. gl	6122	23381	46885	6122	21877	-46484
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12782	58487	111876	12782	58487	-111876
	380C1F2 / 380C2F2	12782	57534	110884	12782	57534	-110884
	380C1F3 / 380C2F3	12781	56365	109729	12781	56365	-109729
	GW / opgw	1669	8291	15363	1669	8291	-15363
	Comp. gl	3462	15495	29938	3462	15495	-29938
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12774	59266	124389	12774	59266	-124389
	380C1F2 / 380C2F2	12774	59160	124371	12774	59160	-124371
	380C1F3 / 380C2F3	12774	59026	124354	12774	59026	-124354
	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15550	32688	3461	15550	-32688
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25109	93214	192328	25109	93214	-192328
	380C1F2 / 380C2F2	25109	92908	192258	25109	92908	-192258
	380C1F3 / 380C2F3	25109	92524	192190	25109	92524	-192190
	GW / opgw	8685	25652	52524	8685	25652	-52524
	Comp. gl	17518	50875	105724	17518	50875	-105724
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15788	61248	128638	15788	61248	-128638
	380C1F2 / 380C2F2	15788	61149	128635	15788	61149	-128635
	380C1F3 / 380C2F3	15788	61023	128636	15788	61023	-128636
	GW / opgw	2421	9163	19167	2421	9163	-19167
	Comp. gl	4966	18625	39284	4966	18625	-39284
<b>6</b> Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12781	54545	108097	12792	126013	-203187
	380C1F2 / 380C2F2	12781	54030	107683	12791	119007	-193383
	380C1F3 / 380C2F3	12781	53398	107211	12789	110005	-180763
	GW / opgw	1669	7466	14428	1671	21038	-33151
	Comp. gl	3462	14575	29100	3465	31889	-52105
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12774	58810	124344	12775	67185	-130687
	380C1F2 / 380C2F2	12774	58746	124344	12775	66217	-129653
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58665	124348	12774	65032	-128446
	GW / opgw	1668	7574	15927	1669	9312	-17579
	Comp. gl	3461	15441	32682	3461	17403	-34068
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25109	91902	192127	25114	116091	-211518
	380C1F2 / 380C2F2	25109	91720	192120	25113	113341	-208533
	380C1F3 / 380C2F3	25109	91490	192121	25112	109949	-204991
	GW / opgw	8685	25248	52517	8688	32173	-56698
	Comp. gl	17518	50360	105786	17520	58644	-109062
<b>4</b>	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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60757	128657	15788	67364	-132105
	380C1F3 / 380C2F3	15788	60680	128668	15788	66345	-131256
	GW / opgw	2421	9084	19165	2421	10470	-20062
	Comp. gl	4966	18525	39296	4966	20153	-39964
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12791	119726	194390	12791	119726	-194390
	380C1F2 / 380C2F2	12790	113193	185234	12790	113193	-185234
	380C1F3 / 380C2F3	12789	104817	173489	12789	104817	-173489
	GW / opgw	1671	19913	31574	1671	19913	-31574
Comp. gl	3464	30325	49888	3464	30325	-49888	
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12775	66315	129755	12775	66315	-129755
	380C1F2 / 380C2F2	12774	65444	128858	12774	65444	-128858
	380C1F3 / 380C2F3	12774	64379	127815	12774	64379	-127815
	GW / opgw	1669	9129	17354	1669	9129	-17354
Comp. gl	3461	17200	33860	3461	17200	-33860	
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25113	113619	208830	25113	113619	-208830
	380C1F2 / 380C2F2	25112	111132	206207	25112	111132	-206207
	380C1F3 / 380C2F3	25112	108069	203109	25112	108069	-203109
	GW / opgw	8688	31486	56084	8688	31486	-56084
Comp. gl	17520	57838	108499	17520	57838	-108499	
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15788	67448	132178	15788	67448	-132178
	380C1F2 / 380C2F2	15788	66700	131544	15788	66700	-131544
	380C1F3 / 380C2F3	15788	65782	130818	15788	65782	-130818
	GW / opgw	2421	10329	19926	2421	10329	-19926
Comp. gl	4966	19993	39847	4966	19993	-39847	
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12792	126013	203187	12781	54545	-108097
	380C1F2 / 380C2F2	12791	119007	193383	12781	54030	-107683
	380C1F3 / 380C2F3	12789	110005	180763	12781	53398	-107211
	GW / opgw	1671	21038	33151	1669	7466	-14428
Comp. gl	3465	31889	52105	3462	14575	-29100	
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	67185	130687	12774	58810	-124344
	380C1F2 / 380C2F2	12775	66217	129653	12774	58746	-124344
	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[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
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25114	116091	211518	25109	91902	-192127
	380C1F2 / 380C2F2	25113	113341	208533	25109	91720	-192120
	380C1F3 / 380C2F3	25112	109949	204991	25109	91490	-192121
	GW / opgw	8688	32173	56698	8685	25248	-52517
	Comp. gl	17520	58644	109062	17518	50360	-105786
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15789	68194	132843	15788	60818	-128650
	380C1F2 / 380C2F2	15788	67364	132105	15788	60757	-128657
	380C1F3 / 380C2F3	15788	66345	131256	15788	60680	-128668
	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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17045	65978	134443	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17045	65655	134298	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	134141	0	0	0
	GW / opgw	2226	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	4617	17812	36487	0	0	0
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	72723	153787	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17036	72647	153793	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	153803	0	0	0
	GW / opgw	2225	9461	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19287	40835	0	0	0
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19802	77768	160718	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19802	77517	160650	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	160581	0	0	0
	GW / opgw	3796	14234	28538	0	0	0
	Comp. gl	7762	28198	57773	0	0	0
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19451	71802	151812	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19451	71728	151822	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	151838	0	0	0
	GW / opgw	2828	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	5821	21063	44642	0	0	0
<b>6</b> Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17045	64613	133947	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17045	64427	133907	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	133866	0	0	0
	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	72393	153827	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17036	72346	153837	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	153850	0	0	0
	GW / opgw	2225	9399	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19208	40847	0	0	0
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19802	76696	160509	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19802	76547	160498	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	160493	0	0	0
	GW / opgw	3796	13832	28363	0	0	0
	Comp. gl	7762	27716	57669	0	0	0
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19451	71480	151870	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19451	71434	151881	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	151896	0	0	0
	GW / opgw	2828	10251	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20986	44660	0	0	0
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17049	88694	157786	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17048	85924	154369	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	150248	0	0	0
	GW / opgw	2227	13529	23228	0	0	0
	Comp. gl	4618	23161	41797	0	0	0
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	77213	155617	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17036	76684	155257	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	154852	0	0	0
	GW / opgw	2225	10368	20455	0	0	0
	Comp. gl	4615	20350	41219	0	0	0
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19805	94794	175433	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19805	92704	173118	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	170380	0	0	0
	GW / opgw	3797	20828	35526	0	0	0
	Comp. gl	7763	35850	64466	0	0	0
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19451	76022	153058	0	0	0
	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	152486	0	0	0
	GW / opgw	2828	11112	22051	0	0	0
	Comp. gl	5821	22032	44825	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17049	91433	161228	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17049	88385	157402	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	152765	0	0	0
	GW / opgw	2227	14071	23957	0	0	0
	Comp. gl	4618	23814	42605	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17036	77740	155999	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	17036	77154	155575	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	155096	0	0	0
	GW / opgw	2225	10478	20558	0	0	0
	Comp. gl	4615	20473	41302	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19806	96873	177802	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19805	94560	175171	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	172045	0	0	0
	GW / opgw	3798	21594	36481	0	0	0
	Comp. gl	7764	36772	65513	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19451	76507	153348	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19451	75968	153026	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	152666	0	0	0
	GW / opgw	2828	11206	22119	0	0	0
	Comp. gl	5821	22141	44877	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12781	53222	107088	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	52851	106842	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	106564	0	0	0
	GW / opgw	1669	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	3462	14265	28881	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12774	58997	124352	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12774	58915	124346	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	124344	0	0	0
	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			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	15485	32682	0	0	0
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15538	65149	133659	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15538	64872	133536	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	133402	0	0	0
	GW / opgw	3239	12761	25380	0	0	0
	Comp. gl	6606	25101	51132	0	0	0
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15186	59156	124693	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15186	59079	124696	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	124702	0	0	0
	GW / opgw	2271	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17660	37346	0	0	0
<b>6</b> Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12781	51673	106197	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	51465	106111	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	106018	0	0	0
	GW / opgw	1669	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	3462	13901	28691	0	0	0
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12774	58647	124349	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12774	58597	124354	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	124361	0	0	0
	GW / opgw	1668	7543	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15402	32684	0	0	0
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15538	63979	133237	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15538	63819	133203	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	133169	0	0	0
	GW / opgw	3238	12329	25139	0	0	0
	Comp. gl	6606	24590	50966	0	0	0
<b>4</b>	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58773	124730	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	124742	0	0	0
	GW / opgw	2271	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17581	37358	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12785	79869	138866	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12784	76688	134567	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	129277	0	0	0
	GW / opgw	1670	12565	21162	0	0	0
Comp. gl	3463	20558	36215	0	0	0	
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12774	64146	127595	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12774	63519	127026	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	126371	0	0	0
	GW / opgw	1668	8672	16819	0	0	0
Comp. gl	3461	16694	33380	0	0	0	
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15541	84746	153890	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15541	82341	150899	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	147304	0	0	0
	GW / opgw	3240	19918	33574	0	0	0
Comp. gl	6608	33469	59363	0	0	0	
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15187	63819	126890	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15186	63265	126476	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	126005	0	0	0
	GW / opgw	2271	9546	18692	0	0	0
Comp. gl	4665	18707	37695	0	0	0	
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	12785	82990	143126	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12785	79515	138386	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	132522	0	0	0
	GW / opgw	1670	13162	22007	0	0	0
Comp. gl	3463	21310	37236	0	0	0	
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	64772	128192	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12774	64075	127530	0	0	0
	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	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8804	16969	0	0	0
	Comp. gl	3461	16840	33512	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15542	87128	156909	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15541	84477	153553	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	149498	0	0	0
	GW / opgw	3240	20730	34631	0	0	0
	Comp. gl	6608	34473	60583	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15187	64373	127328	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15187	63757	126842	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	126289	0	0	0
	GW / opgw	2271	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	4665	18828	37773	0	0	0



W2H400+5 TOWER

APPENDIX: N2

Loadcases for tower deflection analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14202	58927	117336	14202	58927	-117336
	380C1F2 / 380C2F2	14202	58429	116970	14202	58429	-116970
	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
	GW / opgw	1855	8041	15633	1855	8041	-15633
	Comp. gl	3847	15792	31671	3847	15792	-31671
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14194	63543	134464	14194	63543	-134464
	380C1F2 / 380C2F2	14194	63480	134467	14194	63480	-134467
	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
	GW / opgw	1854	8213	17290	1854	8213	-17290
	Comp. gl	3845	16749	35479	3845	16749	-35479
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22419	84618	176416	22419	84618	-176416
	380C1F2 / 380C2F2	22419	84425	176396	22419	84425	-176396
	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
	GW / opgw	6530	20638	42602	6530	20638	-42602
	Comp. gl	13213	41150	85996	13213	41150	-85996
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16206	62101	131369	16206	62101	-131369
	380C1F2 / 380C2F2	16206	62039	131376	16206	62039	-131376
	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
	GW / opgw	2356	8891	18744	2356	8891	-18744
	Comp. gl	4850	18179	38547	4850	18179	-38547
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14202	56851	116000	14208	98189	-165882
	380C1F2 / 380C2F2	14202	56574	115867	14208	93717	-159769
	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
	GW / opgw	1855	7613	15270	1856	15816	-25944
	Comp. gl	3847	15304	31383	3849	25141	-43062
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14194	63266	134493	14195	67811	-136493
	380C1F2 / 380C2F2	14194	63227	134500	14195	67309	-136112
	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
	GW / opgw	1854	8160	17289	1854	9080	-17879
	Comp. gl	3845	16682	35488	3846	17755	-35908
<b>3</b>	380C1F1 / 380C2F1	22419	83790	176382	22421	98433	-186136

W2H400+5 TOWER

APPENDIX: N2

Loadcases for tower deflection analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83673	176389	22421	96774	-184519
	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
	GW / opgw	6530	20371	42601	6531	24969	-45353
	Comp. gl	13213	40808	86040	13214	46287	-88135
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16206	61831	131414	16207	66084	-132786
	380C1F2 / 380C2F2	16206	61792	131422	16207	65626	-132496
	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
	GW / opgw	2356	8841	18749	2356	9651	-19102
Comp. gl	4850	18115	38561	4850	19090	-38769	
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14208	94173	160390	14208	94173	-160390
	380C1F2 / 380C2F2	14207	90060	154804	14207	90060	-154804
	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
	GW / opgw	1856	15062	24884	1856	15062	-24884
Comp. gl	3848	24165	41727	3848	24165	-41727	
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14195	67360	136149	14195	67360	-136149
	380C1F2 / 380C2F2	14195	66908	135825	14195	66908	-135825
	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
	GW / opgw	1854	8986	17788	1854	8986	-17788
Comp. gl	3846	17650	35833	3846	17650	-35833	
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22421	96941	184679	22421	96941	-184679
	380C1F2 / 380C2F2	22420	95445	183276	22420	95445	-183276
	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648
	GW / opgw	6531	24509	44940	6531	24509	-44940
Comp. gl	13214	45753	87767	13214	45753	-87767	
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16207	65672	132524	16207	65672	-132524
	380C1F2 / 380C2F2	16207	65257	132281	16207	65257	-132281
	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
	GW / opgw	2356	9570	19041	2356	9570	-19041
Comp. gl	4850	18997	38722	4850	18997	-38722	
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14208	98189	165882	14202	56851	-116000
	380C1F2 / 380C2F2	14208	93717	159769	14202	56574	-115867
	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721



W2H400+5 TOWER

APPENDIX: N2

Loadcases for tower deflection analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15816	25944	1855	7613	-15270
	Comp. gl	3849	25141	43062	3847	15304	-31383
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14195	67811	136493	14194	63266	-134493
	380C1F2 / 380C2F2	14195	67309	136112	14194	63227	-134500
	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
	GW / opgw	1854	9080	17879	1854	8160	-17289
	Comp. gl	3846	17755	35908	3845	16682	-35488
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22421	98433	186136	22419	83790	-176382
	380C1F2 / 380C2F2	22421	96774	184519	22419	83673	-176389
	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
	GW / opgw	6531	24969	45353	6530	20371	-42601
	Comp. gl	13214	46287	88135	13213	40808	-86040
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.0 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16207	66084	132786	16206	61831	-131414
	380C1F2 / 380C2F2	16207	65626	132496	16206	61792	-131422
	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
	GW / opgw	2356	9651	19102	2356	8841	-18749
	Comp. gl	4850	19090	38769	4850	18115	-38561

Bijlage 6b

Berekening masttype W2H400A+10

Postbus 676  
7300 AR Apeldoorn  
Tel: 088 - 1860200

## Statische ontwerpberekening

### Masttype "W2H400A(+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	<i>SV 7-2-14</i>

## Inhoudsopgave.

	<b>blz.</b>
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 "W2H400A(+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 $C_s C_d$	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 instorting	53
9.0 Detailberekening	55

	<b>blz.</b>
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 AM, AM1 en AM2



## **1.0 - Uitgangspunten berekening.**

### **1.1 - Inleiding.**

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400A(+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 W2H400A(+10) zijn de bijlage AM en AM1 (berekening maststerkte) en bijlage AM2 (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 ( $f_{y,d} = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{t,d} = 510 \text{ N/mm}^2$ ), 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 voorbereekte  $\frac{1}{2}$  V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbereekte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

## 1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemendraad, 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 W2H400A(+10) zijn de bijlage AM en AM1 (berekening maststerkte) en bijlage AM2 (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,  $\gamma_g = 1,2$  voor de ULS-toestand en  $\gamma_g = 1,0$  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,  $\gamma_q = 1,6$  voor de ULS- toestand en  $\gamma_q = 1,0$  voor de SLS-toestand.

**2.0 - Berekening masttype "W2H400A(+10)"**

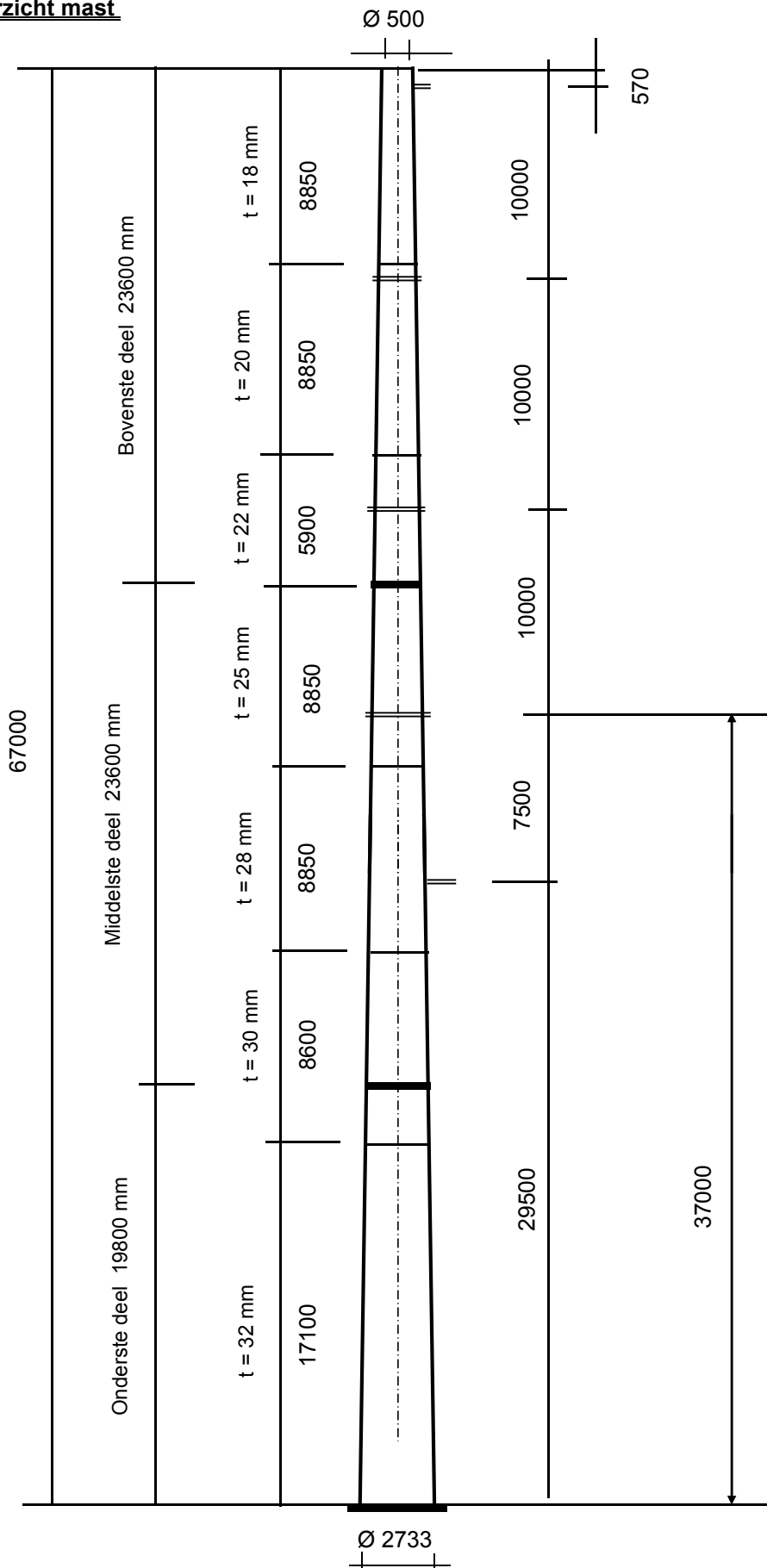
## **Berekening**

**W2H400A+10**

**67,0 m - 2733 - 500**

**Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk**

**2.1 - Overzicht mast**



**2.2 - Mast gegevens**

**Buismast type W2H400A(+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	diagonalen	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
					33	32	
67000							

**Profielgegevens**

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D <sub>gem</sub> (mm)	t (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	m(kg/m)	I (mm <sup>4</sup> )	i (mm)	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
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 <sup>2</sup>	210000
Vloei grens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	355
Volumieke massa	kg/m <sup>3</sup>	7850

**2.3 - Computerschema**

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L <sub>staaf</sub> mm	A <sub>eff</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> of I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>
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;  $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>  
 $z_0 = 0,200$  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  $z_{min} \leq z \leq z_{max}$   
 $c_r(z) = c_r(z_{min})$  voor  $z \leq z_{min}$   
 $k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II} \}^{0,07}$   $z_{0,II} = 0,05$  m  
 Extreme stuwdruk  $q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * 1/2 * \rho * V_m^2(z)$   
 $I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$  voor  $z_{min} \leq z \leq z_{max}$  ;  $k_I = 1,0$   
 $I_v(z) = I_v(z_{min})$  voor  $z \leq z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m <sup>2</sup>
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+ geleiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	2,59E-02	980,11
2	2 -- 3	6069	4386	6,12	0,61	2,59E-02	965,36
3	3 -- 4	8686		12,18	22,38	2,58E-02	903,89
4	4 -- 5	9973		20,87	71,14	2,54E-02	828,32
5	5 -- 6	4677		30,84	147,41	2,49E-02	754,09
6	6 -- 7	7757	33393	68,91	185,57	2,46E-02	725,63
7	7 -- 8	13864		76,67	316,60	2,42E-02	681,68
8	8 -- 9	15295		90,53	563,22	2,32E-02	611,71
9	9 -- 10	14149		105,83	852,85	2,20E-02	544,97
10	10 -- 11	4172	34052	154,03	1112,53	2,11E-02	495,40
11	11 -- 12	19895		158,20	1214,01	2,08E-02	481,79
12	12 -- 13	24281	7046	185,14	1710,05	1,95E-02	422,26
13	13 -- 14	26070		209,42	2292,03	1,82E-02	366,56
14	14 -- 15	4596		235,49	2948,29	1,69E-02	314,70
15	15 -- 16	23262	34793	274,88	3067,19	1,66E-02	306,32
16	16 -- 17	16294		298,15	3769,15	1,55E-02	266,91
17	17 -- 18	16795		314,44	4220,93	1,48E-02	244,54
18	18 -- 19	24775		331,23	4697,11	1,42E-02	223,13
19	19 -- 20	10317	4391	360,40	5418,72	1,32E-02	194,34
20	20 -- 21	18297		370,72	5729,44	1,28E-02	183,27
21	21 -- 22	18798		389,01	6289,75	1,21E-02	164,85
22	22 -- 23	41815		407,81	6877,41	1,14E-02	147,45
23	23 -- 24	43961		449,63	8142,13	1,01E-02	115,56
24	24 -- 25	20833	33251	526,84	9533,37	8,81E-03	87,57
25	25 -- 26	21283		547,67	10258,67	8,19E-03	76,09
26	26 -- 27	24446		568,96	11012,40	7,58E-03	65,44
27	27 -- 28	24980		593,40	11840,58	6,96E-03	55,08
28	28 -- 29	51563		618,38	12703,97	6,34E-03	45,59
29	29 -- 30	53699		669,95	14539,84	5,09E-03	29,26
30	30 -- 31	55836		723,64	16525,71	3,83E-03	16,51
31	31 -- 32	57972		779,48	18667,66	2,56E-03	7,37
32	32 -- 33	60108		837,45	20971,79	1,28E-03	1,86
33			44762	942,32	23444,19	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 vervolgens eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten  $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

$m_i$  : de geconcentreerde massa in kg.

$\delta_i$  : de verplaatsing van het punt ( i ) in meter

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  - versnelling van de zwaartekracht

Tracé VHZ - BWK

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. $\delta$ m	$g \sum m_i \cdot \delta_i$	$\sum m_i \cdot \delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	0,980	1652,91	164,188
2	2 -- 3	606,9	438,6	0,965	9718,10	938,884
3	3 -- 4	868,6		0,904	7379,76	651,542
4	4 -- 5	997,3		0,828	7740,91	624,327
5	5 -- 6	467,7		0,754	3394,49	256,010
6	6 -- 7	775,7	3339,3	0,726	29124,95	2142,345
7	7 -- 8	1386,4		0,682	8795,60	579,828
8	8 -- 9	1529,5		0,612	8677,56	511,581
9	9 -- 10	1414,9		0,545	7220,54	382,879
10	10 -- 11	417,2	3405,2	0,495	18548,59	935,312
11	11 -- 12	1989,5		0,482	8822,23	406,509
12	12 -- 13	2428,1	704,6	0,422	12313,63	503,349
13	13 -- 14	2607,0		0,367	8711,37	302,482
14	14 -- 15	459,6		0,315	1399,94	44,312
15	15 -- 16	2326,2	3479,3	0,306	16995,82	517,561
16	16 -- 17	1629,4		0,267	4087,65	106,555
17	17 -- 18	1679,5		0,245	3852,64	91,833
18	18 -- 19	2477,5		0,223	5073,33	107,951
19	19 -- 20	1031,7	439,1	0,194	2748,00	53,362
20	20 -- 21	1829,7		0,183	3124,37	55,437
21	21 -- 22	1879,8		0,165	2879,56	45,836
22	22 -- 23	4181,5		0,147	5394,55	72,317
23	23 -- 24	4396,1		0,116	4380,25	45,351
24	24 -- 25	2083,3	3325,1	0,088	4529,07	39,452
25	25 -- 26	2128,3		0,076	1477,51	10,658
26	26 -- 27	2444,6		0,065	1445,12	8,877
27	27 -- 28	2498,0		0,055	1233,51	6,329
28	28 -- 29	5156,3		0,046	1893,26	7,223
29	29 -- 30	5369,9		0,029	1205,75	2,813
30	30 -- 31	5583,6		0,017	654,18	0,796
31	31 -- 32	5797,2		0,007	262,58	0,124
32	32 -- 33	6010,8		0,002	54,89	0,005
33			4476,2	0,000	0,00	0,000
				Som	194793	9616

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

$n_{1,x}$	=	0,72	Hz
-----------	---	------	----

Tracé VHZ - BWK

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	$\phi_i$	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1073	0,992	0,570	0,56	602,34	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	551,88	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,30	678,26	2,61
4 -- 5	338	0,807	2,950	1,92	649,93	2,38
5 -- 6	3310	0,755	1,150	0,66	2169,37	0,87
6 -- 7	431	0,718	1,800	0,93	399,81	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,28	603,60	1,95
8 -- 9	518	0,590	2,950	1,03	532,56	1,74
9 -- 10	2096	0,531	2,300	0,65	1357,79	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	103,68	0,32
11 -- 12	913	0,461	2,950	0,63	573,06	1,36
12 -- 13	823	0,402	2,950	0,48	393,20	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	314,89	1,03
14 -- 15	7878	0,317	0,500	0,05	395,35	0,16
15 -- 16	949	0,292	2,450	0,21	198,93	0,72
16 -- 17	1105	0,261	1,475	0,10	110,92	0,38
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	95,60	0,35
18 -- 19	1389	0,213	2,100	0,10	132,29	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,29	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	57,71	0,26
21 -- 22	1274	0,159	1,475	0,04	47,72	0,24
22 -- 23	1417	0,134	2,950	0,05	75,28	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	82,92	0,31
24 -- 25	1543	0,083	1,350	0,01	14,52	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,10	0,10
26 -- 27	1716	0,061	1,425	0,01	9,24	0,09
27 -- 28	1753	0,051	1,425	0,00	6,59	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,52	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,93	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
<b>Σ</b>			67,00	13,89	10218,26	22,81

$m_e = 10218,3 / 13,9 = 735,7 \text{ kg/m}$

### 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><math>B^2 =</math></b>	<b>0,54</b>	
$\delta_s =$	0,012	(buis mast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2 * n_1 * m_e) =$	0,069	
$\delta_d =$	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	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	18,41	
$G_y =$	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	
<b><math>R^2 =</math></b>	<b>0,71</b>	
$T =$	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	
<b><math>c_s c_d =</math></b>	<b>1,08</b>	

**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

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

$\psi_\lambda$  conform EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	$R_e$	$C_{f,0}$	$\psi_\lambda$	$C_f$
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 - AM, AM1 en AM2		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
$\Sigma$ 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 <sub>hor</sub> ophanging N	F <sub>hor</sub> bevestiging N	totaal F <sub>hor.</sub> 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 m <sup>2</sup> .	windopp. ladder in m <sup>2</sup> .	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	2312	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 <sub>t</sub>	inkl. C <sub>t</sub>	Σ F <sub>mast</sub> =	70859

Gewicht ladder = 15 kg / m'

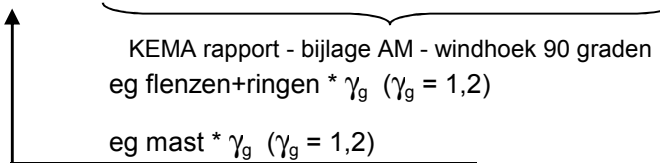
Windoppervlak ladder = 0,12 m<sup>2</sup> / m'



**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	5165	5804	21482	7501
3	3 -- 4	3533				
4	4 -- 5	4057				
5	5 -- 6	4880				
6	6 -- 7	5171	39219	43678	70758	49955
7	7 -- 8	5640				
8	8 -- 9	6222				
9	9 -- 10	7382				
10	10 -- 11	7702	40000	44277	71490	50537
11	11 -- 12	8093				
12	12 -- 13	9877	8456	8456	8456	8456
13	13 -- 14	10605				
14	14 -- 15	11030				
15	15 -- 16	11394	40887	44890	72269	51127
16	16 -- 17	13256				
17	17 -- 18	13664				
18	18 -- 19	14157				
19	19 -- 20	14565	5154	5698	21553	7381
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 AM - windhoek 90 graden  
 eg flenzen+ringen \*  $\gamma_g$  ( $\gamma_g = 1,2$ )  
 eg mast \*  $\gamma_g$  ( $\gamma_g = 1,2$ )

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

Tracé VHZ - BWK

2 - Horizontale belasting ( Serviceability limit state )

A - Horizontale belasting X-richting

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	30123	17973	49015	19141
3	3 -- 4	855				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	1003				
6	6 -- 7	1045	188339	134730	193879	131343
7	7 -- 8	1110				
8	8 -- 9	1188				
9	9 -- 10	1254				
10	10 -- 11	1289	180113	133825	190887	130513
11	11 -- 12	1331				
12	12 -- 13	1396				
13	13 -- 14	1456				
14	14 -- 15	1488				
15	15 -- 16	1514	169772	132712	187211	129488
16	16 -- 17	1546				
17	17 -- 18	1568				
18	18 -- 19	1592				
19	19 -- 20	1609	24164	17651	45750	18997
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 AM2 - windhoek 90 graden  
 wind mast \*  $\gamma_q$  ( $\gamma_q = 1,0$ )

B - Horizontale belasting Y-richting

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
19	19 -- 20		41725	35835	87759	38721

Tracé VHZ - BWK

3 - Horizontale belasting ( Ultimate limit state )

A - Horizontale belasting X -richting

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	40855	21496	64895	23680
3	3 -- 4	1368				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1604				
6	6 -- 7	1671	249946	158066	246143	158665
7	7 -- 8	1776				
8	8 -- 9	1900				
9	9 -- 10	2006				
10	10 -- 11	2063	237731	156613	241603	157356
11	11 -- 12	2130				
12	12 -- 13	2234				
13	13 -- 14	2329				
14	14 -- 15	2381				
15	15 -- 16	2422	222224	154827	236014	155741
16	16 -- 17	2473				
17	17 -- 18	2508				
18	18 -- 19	2547				
19	19 -- 20	2575	31950	20776	60006	23236
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 AM - windhoek 90 graden  
 wind mast \*  $\gamma_q$  ( $\gamma_q = 1,6$ )

B - Horizontale belasting Y -richting

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
19	19 -- 20		53370	41529	113147	46801

**4.0 - Resultaat berekeningen**

**4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Serviceability limit state)**

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> 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	1,31E+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		8713	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		20255	1,88E+08	2,93E-03	66
11	11 -- 12	3927		21093	2,02E+08	2,89E-03	64
12	12 -- 13	4119		25021	2,72E+08	2,67E-03	56
13	13 -- 14	4295		29139	3,53E+08	2,48E-03	48
14	14 -- 15	744		33434	4,47E+08	2,27E-03	41
15	15 -- 16	3709		34178	4,64E+08	2,24E-03	40
16	16 -- 17	2280		37887	5,54E+08	2,06E-03	34
17	17 -- 18	2312		40168	6,13E+08	1,97E-03	31
18	18 -- 19	3343		42480	6,74E+08	1,87E-03	29
19	19 -- 20	1368		45823	7,68E+08	1,74E-03	25
20	20 -- 21	2391		47190	8,09E+08	1,68E-03	23
21	21 -- 22	2411		49582	8,81E+08	1,59E-03	21
22	22 -- 23	4866		51993	9,57E+08	1,49E-03	19
23	23 -- 24	4892		56859	1,12E+09	1,31E-03	15
24	24 -- 25	2235		61751	1,30E+09	1,13E-03	11
25	25 -- 26	2227		63986	1,38E+09	1,04E-03	10
26	26 -- 27	2335		66213	1,47E+09	9,62E-04	8
27	27 -- 28	2311		68547	1,57E+09	8,80E-04	7
28	28 -- 29	4518		70859	1,67E+09	7,98E-04	6
29	29 -- 30	4294		75376	1,88E+09	6,36E-04	4
30	30 -- 31	3926		79670	2,10E+09	4,74E-04	2
31	31 -- 32	3292		83597	2,33E+09	3,14E-04	1
32	32 -- 33	3305		86889	2,58E+09	1,56E-04	0
33		0		90193	2,83E+09	0,00E+00	0

Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,x</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,93E-02	1717
2	2 -- 3		30123	30123	1,69E+05	4,93E-02	1689
3	3 -- 4			30123	7,33E+07	4,90E-02	1571
4	4 -- 5			30123	1,65E+08	4,80E-02	1428
5	5 -- 6			30123	2,58E+08	4,69E-02	1288
6	6 -- 7	188339		218461	2,96E+08	4,66E-02	1234
7	7 -- 8			218461	6,96E+08	4,57E-02	1151
8	8 -- 9			218461	1,35E+09	4,33E-02	1020
9	9 -- 10			218461	2,01E+09	4,05E-02	896
10	10 -- 11	180113		398575	2,53E+09	3,84E-02	805
11	11 -- 12			398575	2,79E+09	3,78E-02	780
12	12 -- 13			398575	3,98E+09	3,47E-02	673
13	13 -- 14			398575	5,18E+09	3,18E-02	574
14	14 -- 15			398575	6,38E+09	2,89E-02	485
15	15 -- 16	169772		568347	6,58E+09	2,84E-02	470
16	16 -- 17			568347	7,99E+09	2,59E-02	404
17	17 -- 18			568347	8,84E+09	2,45E-02	367
18	18 -- 19			568347	9,69E+09	2,32E-02	331
19	19 -- 20	24164		593979	1,09E+10	2,12E-02	285
20	20 -- 21			593979	1,14E+10	2,04E-02	267
21	21 -- 22			593979	1,23E+10	1,91E-02	238
22	22 -- 23			593979	1,32E+10	1,77E-02	211
23	23 -- 24			593979	1,50E+10	1,53E-02	162
24	24 -- 25			593979	1,67E+10	1,29E-02	120
25	25 -- 26			593979	1,75E+10	1,18E-02	104
26	26 -- 27			593979	1,83E+10	1,08E-02	88
27	27 -- 28			593979	1,92E+10	9,78E-03	74
28	28 -- 29			593979	2,01E+10	8,79E-03	61
29	29 -- 30			593979	2,18E+10	6,87E-03	38
30	30 -- 31			593979	2,35E+10	5,03E-03	21
31	31 -- 32			593979	2,52E+10	3,28E-03	9
32	32 -- 33			593979	2,69E+10	1,60E-03	2
33				593979	2,86E+10	0,00E+00	0

)\*

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		41725

)\* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y richting.

Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,x</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,47E-02	1229
2	2 -- 3		17973	17973	1,19E+05	3,47E-02	1210
3	3 -- 4			17973	4,39E+07	3,45E-02	1127
4	4 -- 5			17973	9,90E+07	3,39E-02	1026
5	5 -- 6			17973	1,55E+08	3,33E-02	927
6	6 -- 7		134730	152703	1,78E+08	3,30E-02	889
7	7 -- 8			152703	4,58E+08	3,25E-02	830
8	8 -- 9			152703	9,16E+08	3,09E-02	736
9	9 -- 10			152703	1,38E+09	2,90E-02	648
10	10 -- 11		133825	286528	1,74E+09	2,75E-02	583
11	11 -- 12			286528	1,93E+09	2,71E-02	565
12	12 -- 13			286528	2,79E+09	2,50E-02	488
13	13 -- 14			286528	3,65E+09	2,30E-02	417
14	14 -- 15			286528	4,51E+09	2,09E-02	352
15	15 -- 16		132712	419240	4,65E+09	2,05E-02	342
16	16 -- 17			419240	5,69E+09	1,88E-02	294
17	17 -- 18			419240	6,32E+09	1,78E-02	267
18	18 -- 19			419240	6,95E+09	1,68E-02	241
19	19 -- 20		17651	438358	7,84E+09	1,54E-02	207
20	20 -- 21			438358	8,21E+09	1,48E-02	194
21	21 -- 22			438358	8,87E+09	1,39E-02	173
22	22 -- 23			438358	9,52E+09	1,29E-02	154
23	23 -- 24			438358	1,08E+10	1,11E-02	118
24	24 -- 25			438358	1,21E+10	9,39E-03	88
25	25 -- 26			438358	1,27E+10	8,62E-03	76
26	26 -- 27			438358	1,33E+10	7,87E-03	64
27	27 -- 28			438358	1,40E+10	7,13E-03	54
28	28 -- 29			438358	1,46E+10	6,41E-03	44
29	29 -- 30			438358	1,58E+10	5,01E-03	28
30	30 -- 31			438358	1,71E+10	3,67E-03	15
31	31 -- 32			438358	1,84E+10	2,39E-03	7
32	32 -- 33			438358	1,96E+10	1,17E-03	2
33				438358	2,09E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		35835

Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,x</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,76E-02	1943
2	2 -- 3		49015	49015	1,97E+05	5,76E-02	1910
3	3 -- 4			49015	1,18E+08	5,70E-02	1773
4	4 -- 5			49015	2,66E+08	5,55E-02	1607
5	5 -- 6			49015	4,16E+08	5,37E-02	1446
6	6 -- 7		193879	242893	4,77E+08	5,31E-02	1384
7	7 -- 8			242893	9,21E+08	5,18E-02	1290
8	8 -- 9			242893	1,65E+09	4,89E-02	1141
9	9 -- 10			242893	2,38E+09	4,55E-02	1001
10	10 -- 11		190887	433780	2,96E+09	4,31E-02	899
11	11 -- 12			433780	3,24E+09	4,23E-02	872
12	12 -- 13			433780	4,54E+09	3,88E-02	752
13	13 -- 14			433780	5,85E+09	3,55E-02	642
14	14 -- 15			433780	7,15E+09	3,22E-02	542
15	15 -- 16		187211	620991	7,37E+09	3,17E-02	526
16	16 -- 17			620991	8,91E+09	2,89E-02	451
17	17 -- 18			620991	9,84E+09	2,74E-02	410
18	18 -- 19			620991	1,08E+10	2,58E-02	371
19	19 -- 20		45750	672491	1,21E+10	2,37E-02	319
20	20 -- 21			672491	1,27E+10	2,28E-02	299
21	21 -- 22			672491	1,37E+10	2,13E-02	266
22	22 -- 23			672491	1,47E+10	1,98E-02	236
23	23 -- 24			672491	1,67E+10	1,71E-02	181
24	24 -- 25			672491	1,87E+10	1,44E-02	135
25	25 -- 26			672491	1,96E+10	1,32E-02	116
26	26 -- 27			672491	2,05E+10	1,21E-02	99
27	27 -- 28			672491	2,15E+10	1,10E-02	83
28	28 -- 29			672491	2,24E+10	9,85E-03	68
29	29 -- 30			672491	2,43E+10	7,70E-03	43
30	30 -- 31			672491	2,63E+10	5,64E-03	24
31	31 -- 32			672491	2,82E+10	3,68E-03	10
32	32 -- 33			672491	3,01E+10	1,80E-03	3
33				672491	3,20E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		87759

Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	1,2E+05	3,4E-02	1212
2	2 -- 3		19141	19141	1,1E+06	3,4E-02	1191
3	3 -- 4			19141	4,9E+07	3,4E-02	1109
4	4 -- 5			19141	1,1E+08	3,4E-02	1009
5	5 -- 6			19141	1,7E+08	3,3E-02	912
6	6 -- 7		131343	150484	1,9E+08	3,3E-02	874
7	7 -- 8			150484	4,7E+08	3,2E-02	815
8	8 -- 9			150484	9,3E+08	3,0E-02	723
9	9 -- 10			150484	1,4E+09	2,9E-02	636
10	10 -- 11		130513	280998	1,7E+09	2,7E-02	573
11	11 -- 12			280998	1,9E+09	2,7E-02	554
12	12 -- 13			280998	2,8E+09	2,5E-02	479
13	13 -- 14			280998	3,6E+09	2,3E-02	409
14	14 -- 15			280998	4,4E+09	2,1E-02	346
15	15 -- 16		129488	410485	4,6E+09	2,0E-02	335
16	16 -- 17			410485	5,6E+09	1,8E-02	288
17	17 -- 18			410485	6,2E+09	1,7E-02	262
18	18 -- 19			410485	6,8E+09	1,6E-02	237
19	19 -- 20		18997	431224	7,7E+09	1,5E-02	204
20	20 -- 21			431224	8,1E+09	1,5E-02	191
21	21 -- 22			431224	8,7E+09	1,4E-02	170
22	22 -- 23			431224	9,4E+09	1,3E-02	151
23	23 -- 24			431224	1,1E+10	1,1E-02	116
24	24 -- 25			431224	1,2E+10	9,2E-03	86
25	25 -- 26			431224	1,3E+10	8,5E-03	74
26	26 -- 27			431224	1,3E+10	7,7E-03	63
27	27 -- 28			431224	1,4E+10	7,0E-03	53
28	28 -- 29			431224	1,4E+10	6,3E-03	43
29	29 -- 30			431224	1,6E+10	4,9E-03	27
30	30 -- 31			431224	1,7E+10	3,6E-03	15
31	31 -- 32			431224	1,8E+10	2,3E-03	7
32	32 -- 33			431224	1,9E+10	1,1E-03	2
33				431224	2,0E+10	0,0E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		38721



Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i-j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,22E-04	2
2	2 -- 3				3,11E+06	1,22E-04	2
3	3 -- 4				3,11E+06	9,06E-05	1
4	4 -- 5				3,11E+06	6,59E-05	1
5	5 -- 6				3,11E+06	4,99E-05	1
6	6 -- 7				3,11E+06	4,56E-05	1
7	7 -- 8				3,11E+06	3,99E-05	1
8	8 -- 9				3,11E+06	3,28E-05	1
9	9 -- 10				3,11E+06	2,76E-05	1
10	10 -- 11				3,11E+06	2,47E-05	0
11	11 -- 12				3,11E+06	2,40E-05	0
12	12 -- 13				3,11E+06	2,12E-05	0
13	13 -- 14				3,11E+06	1,92E-05	0
14	14 -- 15				3,11E+06	1,76E-05	0
15	15 -- 16				3,11E+06	1,74E-05	0
16	16 -- 17				3,11E+06	1,63E-05	0
17	17 -- 18				3,11E+06	1,58E-05	0
18	18 -- 19				3,11E+06	1,53E-05	0
19	19 -- 20				1,22E+07	1,47E-05	0
20	20 -- 21				1,22E+07	1,39E-05	0
21	21 -- 22				1,22E+07	1,25E-05	0
22	22 -- 23				1,22E+07	1,12E-05	0
23	23 -- 24				1,22E+07	9,07E-06	0
24	24 -- 25				1,22E+07	7,23E-06	0
25	25 -- 26				1,22E+07	6,48E-06	0
26	26 -- 27				1,22E+07	5,77E-06	0
27	27 -- 28				1,22E+07	5,11E-06	0
28	28 -- 29				1,22E+07	4,49E-06	0
29	29 -- 30				1,22E+07	3,37E-06	0
30	30 -- 31				1,22E+07	2,38E-06	0
31	31 -- 32				1,22E+07	1,49E-06	0
32	32 -- 33				1,22E+07	7,06E-07	0
33					1,22E+07	0,00E+00	0

**4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand**

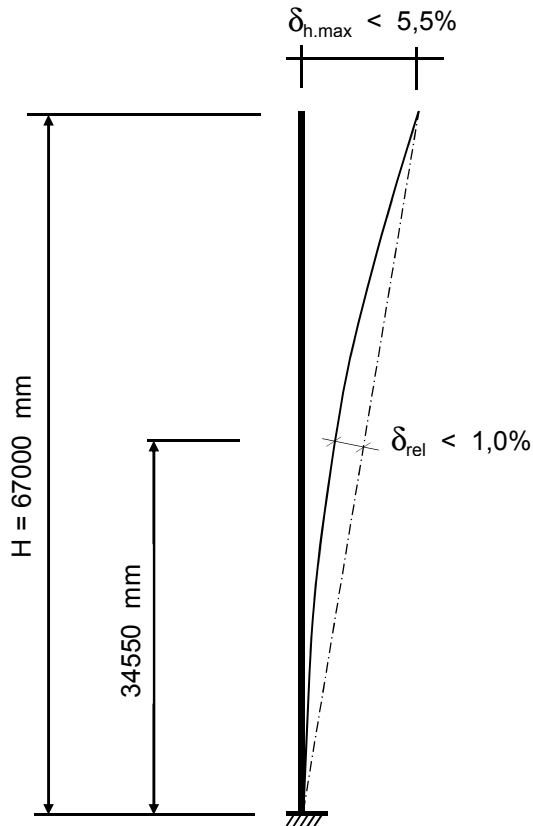
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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. $\phi$ radian	verpl. $\delta_{hor}$ mm
1	1 -- 2	5,9E-02	1985
2	2 -- 3	5,9E-02	1951
3	3 -- 4	5,8E-02	1812
4	4 -- 5	5,7E-02	1642
5	5 -- 6	5,5E-02	1477
6	6 -- 7	5,4E-02	1415
7	7 -- 8	5,3E-02	1318
8	8 -- 9	5,0E-02	1166
9	9 -- 10	4,7E-02	1024
10	10 -- 11	4,4E-02	919
11	11 -- 12	4,3E-02	891
12	12 -- 13	4,0E-02	769
13	13 -- 14	3,6E-02	656
14	14 -- 15	3,3E-02	554
15	15 -- 16	3,2E-02	538
16	16 -- 17	3,0E-02	462
17	17 -- 18	2,8E-02	420
18	18 -- 19	2,6E-02	379
19	19 -- 20	2,4E-02	326
20	20 -- 21	2,3E-02	306
21	21 -- 22	2,2E-02	273
22	22 -- 23	2,0E-02	242
23	23 -- 24	1,7E-02	186
24	24 -- 25	1,5E-02	138
25	25 -- 26	1,4E-02	119
26	26 -- 27	1,2E-02	102
27	27 -- 28	1,1E-02	85
28	28 -- 29	1,0E-02	70
29	29 -- 30	7,9E-03	44
30	30 -- 31	5,8E-03	24
31	31 -- 32	3,8E-03	11
32	32 -- 33	1,8E-03	3
33		0,0E+00	0

)\* - Maatgevende belastingcombinatie

**4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen**



**Controle verplaatsingen**

$$\delta_h = 1985 \text{ mm} \text{ ----> } \delta_h * 100 / 67000$$

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

$$\delta_{rel} = [ \{ \delta_{hor} * (\text{hoogte knoop x} ) / (\text{totale hoogte}) \} - \delta_{knoop x} ] * \text{Cos}\alpha$$

Knoop 16 ; Hoogte = 34550 mm

$$\delta_{knoop x} = 462 \text{ mm}$$

$$\alpha = 1,70 \text{ graden}$$

$$\delta_{rel} = 561 \text{ mm} \text{ ----> } \delta_h * 100 / 67000$$

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 <sub>last,hor</sub> 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	7240	663	1,89E+05	5,98E-03	210
3	3 -- 4	3785	14523	3607	5,27E+06	5,96E-03	196
4	4 -- 5	4175	24946	7643	2,19E+07	5,86E-03	178
5	5 -- 6	1730	36913	12096	5,10E+07	5,67E-03	161
6	6 -- 7	2820	81745	13941	6,60E+07	5,59E-03	155
7	7 -- 8	4911	91053	16950	9,38E+07	5,45E-03	145
8	8 -- 9	5256	107690	22188	1,51E+08	5,17E-03	129
9	9 -- 10	4325	126043	27795	2,25E+08	4,86E-03	114
10	10 -- 11	1257	183023	32408	2,94E+08	4,62E-03	103
11	11 -- 12	5891	188029	33749	3,16E+08	4,54E-03	101
12	12 -- 13	6178	220359	40033	4,25E+08	4,21E-03	88
13	13 -- 14	6442	249497	46623	5,53E+08	3,90E-03	76
14	14 -- 15	1116	280780	53494	7,00E+08	3,58E-03	65
15	15 -- 16	5564	327183	54685	7,27E+08	3,53E-03	63
16	16 -- 17	3420	355097	60620	8,69E+08	3,25E-03	54
17	17 -- 18	3469	374651	64268	9,61E+08	3,11E-03	50
18	18 -- 19	5014	394805	67968	1,06E+09	2,96E-03	45
19	19 -- 20	2052	429689	73316	1,21E+09	2,74E-03	39
20	20 -- 21	3587	442069	75505	1,27E+09	2,66E-03	37
21	21 -- 22	3616	464025	79331	1,38E+09	2,50E-03	33
22	22 -- 23	7299	486583	83188	1,50E+09	2,35E-03	30
23	23 -- 24	7338	536761	90974	1,76E+09	2,07E-03	23
24	24 -- 25	3353	629416	98801	2,04E+09	1,78E-03	17
25	25 -- 26	3340	654416	102378	2,18E+09	1,65E-03	15
26	26 -- 27	3502	679955	105940	2,32E+09	1,52E-03	13
27	27 -- 28	3467	709291	109676	2,47E+09	1,39E-03	11
28	28 -- 29	6776	739267	113374	2,63E+09	1,26E-03	9
29	29 -- 30	6441	801143	120602	2,96E+09	1,01E-03	6
30	30 -- 31	5889	865582	127473	3,32E+09	7,50E-04	3
31	31 -- 32	4938	932584	133755	3,69E+09	4,98E-04	1
32	32 -- 33	4957	1002151	139022	4,08E+09	2,47E-04	0
33		0	1127996	144309	4,48E+09	0,00E+00	0

Tracé VHZ - BWK

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,x</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,45E-02	2242
2	2 -- 3		40855	40855	0,00E+00	6,45E-02	2205
3	3 -- 4			40855	9,72E+07	6,40E-02	2052
4	4 -- 5			40855	2,18E+08	6,28E-02	1865
5	5 -- 6			40855	3,38E+08	6,13E-02	1682
6	6 -- 7		249946	290800	3,85E+08	6,08E-02	1611
7	7 -- 8			290800	9,09E+08	5,96E-02	1503
8	8 -- 9			290800	1,77E+09	5,66E-02	1331
9	9 -- 10			290800	2,62E+09	5,29E-02	1169
10	10 -- 11		237731	528531	3,29E+09	5,01E-02	1050
11	11 -- 12			528531	3,64E+09	4,93E-02	1018
12	12 -- 13			528531	5,20E+09	4,53E-02	878
13	13 -- 14			528531	6,76E+09	4,15E-02	750
14	14 -- 15			528531	8,31E+09	3,77E-02	633
15	15 -- 16		222224	750755	8,58E+09	3,70E-02	614
16	16 -- 17			750755	1,04E+10	3,38E-02	527
17	17 -- 18			750755	1,15E+10	3,20E-02	479
18	18 -- 19			750755	1,26E+10	3,02E-02	433
19	19 -- 20		31950	784522	1,42E+10	2,77E-02	372
20	20 -- 21			784522	1,49E+10	2,67E-02	349
21	21 -- 22			784522	1,60E+10	2,49E-02	311
22	22 -- 23			784522	1,72E+10	2,32E-02	275
23	23 -- 24			784522	1,95E+10	1,99E-02	212
24	24 -- 25			784522	2,18E+10	1,68E-02	157
25	25 -- 26			784522	2,29E+10	1,55E-02	135
26	26 -- 27			784522	2,39E+10	1,41E-02	115
27	27 -- 28			784522	2,50E+10	1,28E-02	96
28	28 -- 29			784522	2,62E+10	1,15E-02	79
29	29 -- 30			784522	2,84E+10	8,97E-03	50
30	30 -- 31			784522	3,06E+10	6,58E-03	28
31	31 -- 32			784522	3,29E+10	4,28E-03	12
32	32 -- 33			784522	3,51E+10	2,09E-03	3
33				784522	3,73E+10	0,00E+00	0

)\*

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		53370

)\* - De resultaten zijn de vectoriële som van de belastingen in X - en Y richting.

Tracé VHZ - BWK

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,01E-02	1421
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,01E-02	1398
3	3 -- 4			21496	5,12E+07	3,99E-02	1303
4	4 -- 5			21496	1,15E+08	3,92E-02	1186
5	5 -- 6			21496	1,78E+08	3,84E-02	1071
6	6 -- 7		158066	179562	2,03E+08	3,82E-02	1027
7	7 -- 8			179562	5,26E+08	3,75E-02	959
8	8 -- 9			179562	1,06E+09	3,57E-02	851
9	9 -- 10			179562	1,59E+09	3,35E-02	749
10	10 -- 11		156613	336175	2,00E+09	3,18E-02	673
11	11 -- 12			336175	2,22E+09	3,13E-02	653
12	12 -- 13			336175	3,21E+09	2,89E-02	564
13	13 -- 14			336175	4,20E+09	2,65E-02	482
14	14 -- 15			336175	5,19E+09	2,41E-02	407
15	15 -- 16		154827	491001	5,36E+09	2,37E-02	395
16	16 -- 17			491001	6,56E+09	2,17E-02	340
17	17 -- 18			491001	7,29E+09	2,06E-02	308
18	18 -- 19			491001	8,01E+09	1,94E-02	279
19	19 -- 20		20776	513460	9,04E+09	1,78E-02	240
20	20 -- 21			513460	9,48E+09	1,72E-02	225
21	21 -- 22			513460	1,02E+10	1,60E-02	200
22	22 -- 23			513460	1,10E+10	1,49E-02	178
23	23 -- 24			513460	1,25E+10	1,29E-02	137
24	24 -- 25			513460	1,40E+10	1,09E-02	102
25	25 -- 26			513460	1,47E+10	9,97E-03	88
26	26 -- 27			513460	1,54E+10	9,10E-03	75
27	27 -- 28			513460	1,61E+10	8,25E-03	62
28	28 -- 29			513460	1,69E+10	7,42E-03	51
29	29 -- 30			513460	1,83E+10	5,80E-03	32
30	30 -- 31			513460	1,98E+10	4,25E-03	18
31	31 -- 32			513460	2,12E+10	2,77E-03	8
32	32 -- 33			513460	2,27E+10	1,35E-03	2
33				513460	2,42E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.y</sub> N
19	19 -- 20		41529

Tracé VHZ - BWK

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,27E-02	2445
2	2 -- 3		64895	64895	0,00E+00	7,27E-02	2403
3	3 -- 4			64895	1,54E+08	7,20E-02	2231
4	4 -- 5			64895	3,46E+08	7,00E-02	2021
5	5 -- 6			64895	5,37E+08	6,77E-02	1818
6	6 -- 7		246143	311037	6,12E+08	6,69E-02	1741
7	7 -- 8			311037	1,17E+09	6,53E-02	1621
8	8 -- 9			311037	2,09E+09	6,16E-02	1434
9	9 -- 10			311037	3,01E+09	5,73E-02	1258
10	10 -- 11		241603	552640	3,72E+09	5,41E-02	1130
11	11 -- 12			552640	4,08E+09	5,32E-02	1095
12	12 -- 13			552640	5,71E+09	4,88E-02	944
13	13 -- 14			552640	7,34E+09	4,46E-02	806
14	14 -- 15			552640	8,97E+09	4,05E-02	681
15	15 -- 16		236014	788655	9,25E+09	3,98E-02	661
16	16 -- 17			788655	1,12E+10	3,63E-02	567
17	17 -- 18			788655	1,23E+10	3,44E-02	515
18	18 -- 19			788655	1,35E+10	3,25E-02	466
19	19 -- 20		60006	856170	1,52E+10	2,98E-02	401
20	20 -- 21			856170	1,59E+10	2,87E-02	376
21	21 -- 22			856170	1,71E+10	2,68E-02	335
22	22 -- 23			856170	1,84E+10	2,49E-02	297
23	23 -- 24			856170	2,09E+10	2,15E-02	228
24	24 -- 25			856170	2,34E+10	1,81E-02	170
25	25 -- 26			856170	2,46E+10	1,67E-02	146
26	26 -- 27			856170	2,57E+10	1,52E-02	125
27	27 -- 28			856170	2,69E+10	1,38E-02	104
28	28 -- 29			856170	2,82E+10	1,24E-02	85
29	29 -- 30			856170	3,06E+10	9,68E-03	54
30	30 -- 31			856170	3,30E+10	7,10E-03	30
31	31 -- 32			856170	3,55E+10	4,63E-03	13
32	32 -- 33			856170	3,79E+10	2,26E-03	3
33				856170	4,03E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor.y</sub> N
19	19 -- 20		113147

Tracé VHZ - BWK

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,10E-02	1444
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,10E-02	1420
3	3 -- 4			23680	5,64E+07	4,07E-02	1323
4	4 -- 5			23680	1,26E+08	4,00E-02	1204
5	5 -- 6			23680	1,96E+08	3,92E-02	1087
6	6 -- 7		158665	182344	2,23E+08	3,89E-02	1042
7	7 -- 8			182344	5,52E+08	3,82E-02	973
8	8 -- 9			182344	1,09E+09	3,63E-02	863
9	9 -- 10			182344	1,63E+09	3,40E-02	759
10	10 -- 11		157356	339700	2,05E+09	3,23E-02	683
11	11 -- 12			339700	2,27E+09	3,18E-02	662
12	12 -- 13			339700	3,27E+09	2,93E-02	571
13	13 -- 14			339700	4,27E+09	2,69E-02	489
14	14 -- 15			339700	5,27E+09	2,44E-02	413
15	15 -- 16		155741	495442	5,44E+09	2,40E-02	401
16	16 -- 17			495442	6,66E+09	2,20E-02	344
17	17 -- 18			495442	7,39E+09	2,08E-02	313
18	18 -- 19			495442	8,12E+09	1,97E-02	283
19	19 -- 20		23236	520785	9,16E+09	1,80E-02	243
20	20 -- 21			520785	9,60E+09	1,74E-02	228
21	21 -- 22			520785	1,04E+10	1,62E-02	203
22	22 -- 23			520785	1,11E+10	1,51E-02	180
23	23 -- 24			520785	1,27E+10	1,30E-02	138
24	24 -- 25			520785	1,42E+10	1,10E-02	103
25	25 -- 26			520785	1,49E+10	1,01E-02	89
26	26 -- 27			520785	1,56E+10	9,22E-03	76
27	27 -- 28			520785	1,63E+10	8,36E-03	63
28	28 -- 29			520785	1,71E+10	7,52E-03	52
29	29 -- 30			520785	1,86E+10	5,88E-03	33
30	30 -- 31			520785	2,00E+10	4,31E-03	18
31	31 -- 32			520785	2,15E+10	2,81E-03	8
32	32 -- 33			520785	2,30E+10	1,37E-03	2
33				520785	2,45E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last;hor,y</sub> N
19	19 -- 20		46801



Tracé VHZ - BWK

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

knoop nummer	staaf i--j	Q <sub>last;hor</sub> N	F <sub>last</sub> N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,44E-04	2
2	2 -- 3				3,65E+06	1,44E-04	2
3	3 -- 4				3,65E+06	1,07E-04	2
4	4 -- 5				3,65E+06	7,74E-05	1
5	5 -- 6				3,65E+06	5,86E-05	1
6	6 -- 7				3,65E+06	5,35E-05	1
7	7 -- 8				3,65E+06	4,69E-05	1
8	8 -- 9				3,65E+06	3,86E-05	1
9	9 -- 10				3,65E+06	3,24E-05	1
10	10 -- 11				3,65E+06	2,90E-05	1
11	11 -- 12				3,65E+06	2,82E-05	1
12	12 -- 13				3,65E+06	2,49E-05	0
13	13 -- 14				3,65E+06	2,25E-05	0
14	14 -- 15				3,65E+06	2,07E-05	0
15	15 -- 16				3,65E+06	2,04E-05	0
16	16 -- 17				3,65E+06	1,91E-05	0
17	17 -- 18				3,65E+06	1,86E-05	0
18	18 -- 19				3,65E+06	1,80E-05	0
19	19 -- 20				1,43E+07	1,73E-05	0
20	20 -- 21				1,43E+07	1,63E-05	0
21	21 -- 22				1,43E+07	1,47E-05	0
22	22 -- 23				1,43E+07	1,32E-05	0
23	23 -- 24				1,43E+07	1,07E-05	0
24	24 -- 25				1,43E+07	8,49E-06	0
25	25 -- 26				1,43E+07	7,61E-06	0
26	26 -- 27				1,43E+07	6,77E-06	0
27	27 -- 28				1,43E+07	6,00E-06	0
28	28 -- 29				1,43E+07	5,27E-06	0
29	29 -- 30				1,43E+07	3,96E-06	0
30	30 -- 31				1,43E+07	2,79E-06	0
31	31 -- 32				1,43E+07	1,75E-06	0
32	32 -- 33				1,43E+07	8,29E-07	0
33					1,43E+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	7,24	65,08	16,10
3	3 -- 4	14,52	65,91	171,98
4	4 -- 5	24,95	67,04	368,08
5	5 -- 6	36,91	68,30	567,71
6	6 -- 7	81,74	314,96	646,55
7	7 -- 8	91,05	315,80	1214,24
8	8 -- 9	107,69	317,28	2148,03
9	9 -- 10	126,04	318,85	3086,33
10	10 -- 11	183,02	561,76	3821,19
11	11 -- 12	188,03	562,28	4186,45
12	12 -- 13	220,36	568,56	5847,35
13	13 -- 14	249,50	575,15	7513,58
14	14 -- 15	280,78	582,03	9185,41
15	15 -- 16	327,18	805,44	9469,33
16	16 -- 17	355,10	811,37	11441,26
17	17 -- 18	374,65	815,02	12630,43
18	18 -- 19	394,80	818,72	13821,13
19	19 -- 20	429,69	876,79	15563,75
20	20 -- 21	442,07	877,41	16303,19
21	21 -- 22	464,03	878,48	17588,81
22	22 -- 23	486,58	879,57	18877,30
23	23 -- 24	536,76	881,76	21462,03
24	24 -- 25	629,42	883,96	24056,08
25	25 -- 26	654,42	886,90	25246,06
26	26 -- 27	679,96	890,46	26437,76
27	27 -- 28	709,29	894,20	27697,47
28	28 -- 29	739,27	897,90	28958,98
29	29 -- 30	801,14	905,12	31487,14
30	30 -- 31	865,58	911,99	34021,80
31	31 -- 32	932,58	918,28	36565,28
32	32 -- 33	1002,15	923,54	39188,97
33		1128,00	928,83	41827,80

)\*\* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 29  
 )\* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 29 t/m 32

#### 4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm <sup>2</sup>	210000	
Vloegrens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	355	Voor wanddikte t < 40
Vloegrens f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	335	Voor wanddikte t >= 40

#### A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} \leq 1$$

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

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

$N_{Ed,i}$  = normaal kracht uit computer 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 <sub>voet</sub> - D <sub>top</sub> mm	moment M <sub>1,y,Ed</sub> kNm	drukkracht N <sub>c,Rd</sub> kN	rel.verpl. $\delta_{rel}$ mm	M <sub>y,Ed</sub> in kNm	M <sub>y,el,Rd</sub> in kNm	toetsings- regel
1	500 / 795	16,10	7,24	34	16,3	1217,6	0,01
2	500 / 795	171,98	14,52	140	174,2	1640,9	0,11
3	500 / 795	368,08	24,95	170	374,6	2253,2	0,17
4	500 / 795	567,71	36,91	165	580,3	2962,6	0,20
5	795 / 1090	646,55	81,74	63	664,3	3602,0	0,19
6	795 / 1090	1214,24	91,05	97	1240,7	4159,5	0,30
7	795 / 1090	2148,03	107,69	152	2190,9	5160,0	0,43
8	795 / 1090	3086,33	126,04	143	3147,2	6268,3	0,51
9	1090 / 1287	3821,19	183,02	104	3901,1	7887,1	0,50
10	1090 / 1287	4186,45	188,03	28	4271,7	8191,2	0,53
11	1090 / 1287	5847,35	220,36	123	5959,6	9643,9	0,63
12	1287/ 1582	7513,58	249,50	112	7653,8	12661,5	0,61
13	1287/ 1582	9185,41	280,78	102	9354,3	14575,7	0,65
14	1287/ 1582	9469,33	327,18	16	9643,6	14913,5	0,65
15	1287/ 1582	11441,26	355,10	76	11642,5	16624,6	0,71
16	1582/ 1876	12630,43	374,65	42	12847,5	19713,9	0,66
17	1582/ 1876	13821,13	394,80	40	14054,1	20952,1	0,68
18	1582/ 1876	15563,75	429,69	53	15819,6	22780,2	0,70
19	1582/ 1876	16303,19	442,07	20	16567,9	23541,9	0,71
20	1582/ 1876	17588,81	464,03	33	17869,0	24893,3	0,73
21	1582/ 1876	18877,30	486,58	31	19172,6	26282,5	0,74
22	1876/ 2163	21462,03	536,76	56	21787,3	31162,7	0,71
23	1876/ 2163	24056,08	629,42	48	24411,3	34417,6	0,72
24	1876/ 2163	25246,06	654,42	19	25613,8	35961,1	0,72
25	1876/ 2163	26437,76	679,96	18	26817,4	37538,4	0,72
26	2163/ 2733	27697,47	709,29	17	28089,1	41742,2	0,68
27	2163/ 2733	28958,98	739,27	15	29361,8	43595,1	0,68
28	2163/ 2733	31487,14	801,14	26	31910,6	47421,5	0,68
29	2163/ 2733	34021,80	865,58	20	34462,1	51409,0	0,68
30	2163/ 2733	36565,28	932,58	14	37018,3	55557,5	0,68
31	2163/ 2733	39188,97	1002,15	8	39650,1	59866,9	0,67
32	2163/ 2733	41827,80	1128,00	3	42291,9	64337,4	0,67

**B- Controle plooiestabiliteit**

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

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

Plooi spanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooi spanning 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 <sub>y</sub>	σ <sub>N;plooi;d</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>M;plooi;d</sub> N/mm <sup>2</sup>
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

Tracé VHZ - BWK

staaf nummer	profiel D <sub>voet</sub> - D <sub>top</sub>	$\sigma_{MEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{NEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm <sup>2</sup>	toetsings- regel
1	500 / 795	4,95	0,26	355	355	0,01
2	500 / 795	43,52	0,48	355	355	0,12
3	500 / 795	68,73	0,70	355	355	0,20
4	500 / 795	79,36	0,90	355	355	0,23
5	795 / 1090	68,70	1,64	355	355	0,20
6	795 / 1090	113,65	1,72	355	355	0,32
7	795 / 1090	167,40	1,86	355	355	0,48
8	795 / 1090	195,98	1,97	355	355	0,56
9	1090 / 1287	188,09	2,39	355	355	0,54
10	1090 / 1287	188,65	2,35	355	355	0,54
11	1090 / 1287	237,64	2,62	355	355	0,68
12	1287/ 1582	231,14	2,42	355	355	0,66
13	1287/ 1582	244,14	2,54	355	355	0,69
14	1287/ 1582	232,19	2,84	355	353	0,66
15	1287/ 1582	262,29	2,98	355	341	0,75
16	1582/ 1876	238,68	2,70	355	355	0,68
17	1582/ 1876	245,43	2,76	355	353	0,70
18	1582/ 1876	256,94	2,90	355	343	0,73
19	1582/ 1876	253,96	2,89	355	340	0,72
20	1582/ 1876	261,99	2,97	355	333	0,75
21	1582/ 1876	266,04	3,03	355	327	0,76
22	1876/ 2163	261,34	3,00	355	331	0,75
23	1876/ 2163	264,45	3,35	355	321	0,76
24	1876/ 2163	258,43	3,36	355	316	0,74
25	1876/ 2163	259,08	3,42	355	312	0,74
26	2163/ 2733	244,22	3,27	355	321	0,70
27	2163/ 2733	244,32	3,34	355	316	0,70
28	2163/ 2733	249,04	3,51	355	308	0,71
29	2163/ 2733	247,68	3,64	355	300	0,71
30	2163/ 2733	245,81	3,77	355	293	0,71
31	2163/ 2733	243,98	3,90	355	286	0,70
32	2163/ 2733	241,84	4,23	355	280	0,70

**5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen**

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A <sub>s</sub> in mm <sup>2</sup>	f <sub>ub</sub> in N/mm <sup>2</sup>	F <sub>t,Rd</sub> in kN	F <sub>v,Rd</sub> 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<sub>y,Ed</sub> = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N<sub>Ed</sub> = 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  $I_p = \sum (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc} / 2)^2$

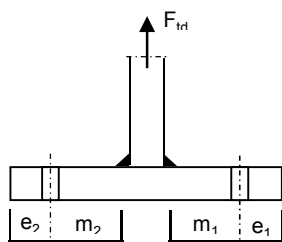
Flensverbinding met één boutrij :  $I_p = (n / 2) * (d_{stc} / 2)^2$

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

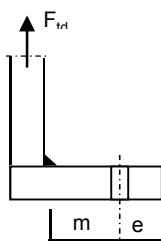
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

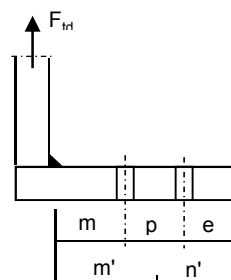
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

## Tracé VHZ - BWK

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 :  $F_{t,Ed} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$   
 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	584,77	8,93	33	M 48 - 8,8	848,4	0,69
flenzen op 19,80 m hoogte.							
st.c buitenkant		1860,00					
st.c binnenkant		1660,00					
	80	712,05	11,05	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,67
flenzen op 43,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1090,00					
1090,00	28	758,49	20,31	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,72

## Tracé VHZ - BWK

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l <sub>ef</sub> 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 <sub>pl;d</sub> Nmm	bezwijk- vorm 1	bezwijk- vorm 2	bezwijk- vorm 3	maatgev. F <sub>t,Rd</sub>	F <sub>t,Ed</sub> kN	toetsing- regel
voetplaat							
100	1,17E+08	2790,20	1534,82	1696,90	1534,82	1169,54	0,76
100	1,56E+08	3709,44	1781,66	1696,90	1696,90	1169,54	0,69
flenzen op 19,80 m hoogte.							
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1424,10	0,80
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1424,10	0,80
flenzen op 43,40 m hoogte.							
80	6,56E+07	1971,88	1021,34	1060,56	1021,34	758,49	0,74
80	6,56E+07	1886,75	997,67	1060,56	997,67	758,49	0,76
Krachten in kN							

**Lassen**
**A - Flenzen**

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

**B - Buizen**

Alle lassen: voorberekt 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	6,43

**Scrutongetal  $Sc$**

De Scrutongetal  $Sc$  word bepaald met:

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

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

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

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

$\delta_s$  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.

Tracé VHZ - BWK

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. $\delta$ mm	$\phi_{i,1}$	staaf nummer	$\phi_i$	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	980	1,000		1,000			
2	965	0,985	1 -- 2	0,992	133	479	1072,8
3	904	0,922	2 -- 3	0,954	607		255,0
4	828	0,845	3 -- 4	0,884	869		294,4
5	754	0,769	4 -- 5	0,807	997		338,1
6	726	0,740	5 -- 6	0,755	468	3339	3310,4
7	682	0,696	6 -- 7	0,718	776		430,9
8	612	0,624	7 -- 8	0,660	1386		470,0
9	545	0,556	8 -- 9	0,590	1529		518,5
10	495	0,505	9 -- 10	0,531	1415	3405	2095,7
11	482	0,492	10 -- 11	0,499	417		641,9
12	422	0,431	11 -- 12	0,461	1990	705	913,3
13	367	0,374	12 -- 13	0,402	2428		823,1
14	315	0,321	13 -- 14	0,348	2607		883,7
15	306	0,313	14 -- 15	0,317	460	3479	7877,7
16	267	0,272	15 -- 16	0,292	2326		949,5
17	245	0,249	16 -- 17	0,261	1629		1104,7
18	223	0,228	17 -- 18	0,239	1680		1138,6
19	194	0,198	18 -- 19	0,213	2478	439	1388,9
20	183	0,187	19 -- 20	0,193	1032		1213,7
21	165	0,168	20 -- 21	0,178	1830		1240,5
22	147	0,150	21 -- 22	0,159	1880		1274,4
23	116	0,118	22 -- 23	0,134	4182		1417,5
24	88	0,089	23 -- 24	0,104	4396	3325	2617,4
25	76	0,078	24 -- 25	0,083	2083		1543,2
26	65	0,067	25 -- 26	0,072	2128		1576,5
27	55	0,056	26 -- 27	0,061	2445		1715,5
28	46	0,047	27 -- 28	0,051	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

## Tracé VHZ - BWK

staaf nummer	massa m kg/m	$\phi_i$	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 * (s) * m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1073	0,992	0,570	0,56	602,34	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	551,88	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,30	678,26	2,61
4 -- 5	338	0,807	2,950	1,92	649,93	2,38
5 -- 6	3310	0,755	1,150	0,66	2169,37	0,87
6 -- 7	431	0,718	1,800	0,93	399,81	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,28	603,60	1,95
8 -- 9	518	0,590	2,950	1,03	532,56	1,74
9 -- 10	2096	0,531	2,300	0,65	1357,79	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	103,68	0,32
11 -- 12	913	0,461	2,950	0,63	573,06	1,36
12 -- 13	823	0,402	2,950	0,48	393,20	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	314,89	1,03
14 -- 15	7878	0,317	0,500	0,05	395,35	0,16
15 -- 16	949	0,292	2,450	0,21	198,93	0,72
16 -- 17	1105	0,261	1,475	0,10	110,92	0,38
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	95,60	0,35
18 -- 19	1389	0,213	2,100	0,10	132,29	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,29	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	57,71	0,26
21 -- 22	1274	0,159	1,475	0,04	47,72	0,24
22 -- 23	1417	0,134	2,950	0,05	75,28	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	82,92	0,31
24 -- 25	1543	0,083	1,350	0,01	14,52	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,10	0,10
26 -- 27	1716	0,061	1,425	0,01	9,24	0,09
27 -- 28	1753	0,051	1,425	0,00	6,59	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,52	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,93	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
		<b>Σ</b>	67,00	13,89	10218,26	22,81

$$m_e = 10218,3 / 13,9 = 735,7 \text{ kg/m}$$

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

buis	$m_{1,e}$ kg/m	$\delta_s$	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	b = d <sub>w</sub> in m	Sc
500 / 2733	735,7	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

$$K = \frac{\sum_{i=1}^m \int_{l_i} |\phi_i(s)| ds}{4 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n \int_{l_i} \phi_i^2(s) ds}$$

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

$$K = 22,81 / (4 \cdot \pi \cdot 13,89) = 0,131 \quad (\text{tabel E.5})$$

C<sub>lat</sub> is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

$$\begin{aligned} C_{lat} : \quad & R_e (V_{crit}) < 3 \cdot 10^5 ; C_{lat} = 0,7 \\ & 5 \cdot 10^5 < R_e (V_{crit}) < 5 \cdot 10^6 ; C_{lat} = 0,2 \\ & R_e (V_{crit}) > 7 \cdot 10^7 ; C_{lat} = 0,3 \end{aligned}$$

$$R_e (V_{crit}) = b \cdot v_{crit} / \nu ;$$

ν is de kinematische viscositeit van de lucht ν = 15\*10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

$$R_e (V_{crit}) = 1,617 \cdot 6,43 / 15 \cdot 10^{-6} = 6,9E+05$$

$$C_{lat} = 0,20$$

K<sub>w</sub> is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

$$\begin{aligned} L_j / b &= 6 \\ L_j &= 9,70 \quad m - (\text{effectieve correlatielengte}) \end{aligned}$$

$$K_w = 8,46 / 22,81 = 0,37$$

$$y_{F,max} / b = 30,86 \cdot 0,074 \cdot 0,131 \cdot 0,37 \cdot 0,2 = 0,022$$

$$y_{F,max} = 1,617 \cdot 0,022 = 0,036 \quad m$$

$$\Delta \sigma_{dyn} = 2 \cdot C_{rd} \cdot y_{F,max}$$

Tracé VHZ - BWK

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

Tracé VHZ - BWK

Wissel spanning

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

staaf nummer	profiel		W <sub>y,el</sub> mm <sup>3</sup>	σ <sub>buiging</sub> (C <sub>rd</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	y <sub>F,max</sub> m	Δσ <sub>dyn</sub> MPa
	D (mm)	t (mm)				
1	519	18,0	3429758	23	0,0358	1,6
2	598	18,0	4622182	88	0,0358	6,3
3	697	18,0	6347085	128	0,0358	9,1
4	795	18,0	8345293	145	0,0358	10,4
5	833	20,0	10146485	135	0,0358	9,7
6	893	20,0	11716965	138	0,0358	9,9
7	992	20,0	14535293	139	0,0358	10,0
8	1090	20,0	17657300	137	0,0358	9,8
9	1167	22,0	22217085	123	0,0358	8,8
10	1188	22,0	23073828	123	0,0358	8,8
11	1287	22,0	27165945	119	0,0358	8,5
12	1385	25,0	35666334	102	0,0358	7,3
13	1483	25,0	41058306	99	0,0358	7,1
14	1500	25,0	42009821	98	0,0358	7,0
15	1582	25,0	46829878	95	0,0358	6,8
16	1631	28,0	55532051	84	0,0358	6,0
17	1680	28,0	59020129	82	0,0358	5,9
18	1750	28,0	64169592	80	0,0358	5,7
19	1778	28,0	66315149	79	0,0358	5,7
20	1827	28,0	70122092	78	0,0358	5,6
21	1876	28,0	74035323	77	0,0358	5,5
22	1975	30,0	87782333	69	0,0358	5,0
23	2073	30,0	96951101	67	0,0358	4,8
24	2118	30,0	101298906	66	0,0358	4,7
25	2163	30,0	105742107	65	0,0358	4,6
26	2211	32,0	117583678	60	0,0358	4,3
27	2258	32,0	122803006	59	0,0358	4,2
28	2353	32,0	133581792	57	0,0358	4,1
29	2448	32,0	144814086	55	0,0358	4,0
30	2543	32,0	156499889	54	0,0358	3,8
31	2638	32,0	168639201	52	0,0358	3,7
32	2733	32,0	181232022	51	0,0358	3,6

### Bepaling van het aantal spanningscycli

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

$$N = 2 * T * n_{1,y} * \epsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] \geq 10^4$$

$n_y = n_{1,y} = 0,72$  Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1} = 6,43$  m/s De kritische windsnelheid

$\epsilon_o$  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

$z_s = 62,1505$  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  $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

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

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

$N = 2 * 50 * 3,2 * 10^7 * 0,3 * 0,72 * [6,43 / 6,50]^2 * \exp[-(6,43 / 6,50)^2] = 2,53E+08$

**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.

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

$$0,55 \Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k \text{ -----} \rightarrow N \cdot \Delta\sigma^5 = N_k \cdot \Delta\sigma_k^5$$

$$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k \text{ -----} \rightarrow N \cdot \Delta\sigma^3 = N_k \cdot \Delta\sigma_k^3$$

$$N_k = 10^7$$

$\Delta\sigma_i$  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).

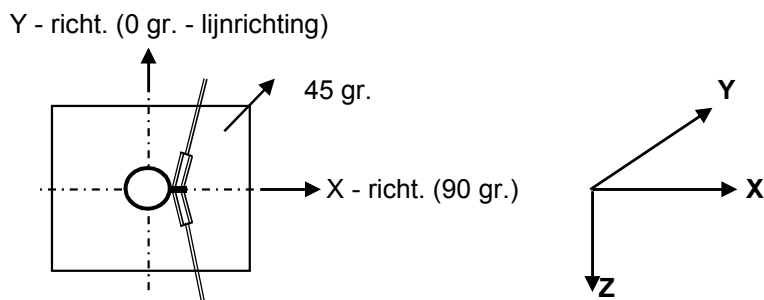
$\Delta\sigma_k = 35$  MPa Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0,55 \Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
Knoop		in MPa	in MPa	in MPa	$\Delta\sigma_i$ -N lijn	span.wissl.	beschadiging < 1
3	Lasnaad	7,52	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
4	Lasnaad	10,96	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
5	Lasnaad	12,50	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	11,87	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
8	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
9	Lasnaad	11,82	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	10,55	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
12	flenzen	10,24	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
13	Lasnaad	8,78	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
14	Lasnaad	8,47	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	8,17	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,07	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	6,82	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	6,58	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
23	Lasnaad	5,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
24	flenzen	5,74	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
25							
26	Lasnaad	5,56	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
27							
28	Lasnaad	5,06	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
29	Lasnaad	4,91	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
30	Lasnaad	4,76	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
31	Lasnaad	4,62	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	4,36	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 <sub>x</sub> - reactie kNm	M <sub>y</sub> - reactie kNm	M <sub>z</sub> - reactie kNm
<b>Windrich. 90 graden</b>						
1 - EG mast			1004			
2 - Windbelasting mast	144	6		189	4477	
3 - Belasting geval 1a	783	53	124	1574	37313	111
4 - Belasting geval 1b	512	42	138	1225	24156	86
5 - Belasting geval 3	849	113	251	3338	40260	235
6 - Belasting geval 4	519	47	160	1381	24481	97
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	<b>927</b>	<b>59</b>	<b>1128</b>	<b>1763</b>	<b>41791</b>	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)	539	43	1142	1261	24995	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	889	115	1255	3391	41519	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	546	48	1164	1416	25321	

**Samenvatting Fundatiebelastingen**

	B.C. 1 - SLS $\gamma_{eg}=1.0$ , $\gamma_q=1.0$	B.C. 2 - ULS $\gamma_{eg}=1.2$ , $\gamma_q=1.6$	B.C. 3 - ULS $\gamma_{eg}=0.9$ , $\gamma_q=1.6$
Voetmoment - XY	34474 kNm	41828 kNm	41828 kNm
Dwarskracht - XY	763 kN	929 kN	929 kN
Verticale kracht	618 kN	1128 kN	557 kN

**Opmerking:**

De voetmoment en de dwarskracht zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

### 8.0 - Betonspanning onder voetplaat en instorting

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	584,77	8,93	33	M 48 - 8,8	848,45	0,69
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	484,96	7,33	33	M 48 - 8,8	848,45	0,57

Maximale trekkracht in de anker :

$$F_{t,Ed} = 584,8 \quad \text{kN}$$

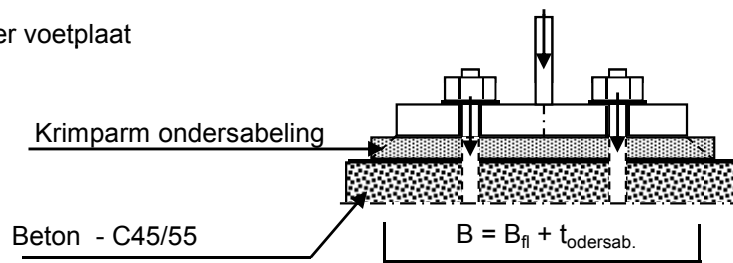
Maximale voorspanning in de anker :

$$F_{t,Ed} = 485,0 \quad \text{kN}$$

Maximale drukkracht :

$$F_{c,Ed} = 606,5 + 1,00 * 485,0 = 1091,4 \quad \text{kN}$$

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

$$B_{fl} = 672,0 \quad \text{mm} \quad D = 2701 \quad \text{mm}$$

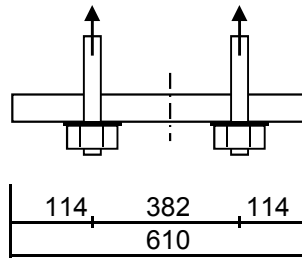
$$t_{ondersab} = 40,0 \quad \text{mm} \quad n = 104$$

$$B = 712,0 \quad \text{mm}$$

$$A_{voetpl} = 712 * 2 * \pi * D / n = 116185 \quad \text{mm}^2$$

$$\sigma_{b,voet} = 2 * F_{c,Ed} / A = 18,8 \quad \text{N/mm}^2 < 21,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

B - drukspanning onder instorting



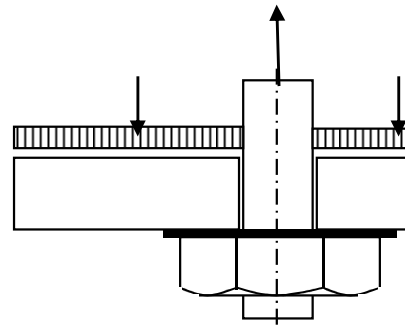
D = 2701 mm  
 n = 104

$A_{\text{storting}} = 610 * 2 * \pi * D / n = 99541 \text{ mm}^2$

$\sigma_{b,\text{stortr.}} = 2 * F_{c,\text{Ed}} / A = 11,7 \text{ N/mm}^2 < 21,0 \text{ -- Voldoet}$

Dikte instorting

$L_{\text{uitkr.}} = 114 \text{ mm}$   
 $L_{\text{veld}} = 382 \text{ mm}$   
 $t = 45 \text{ mm}$   
 $f_{y,d} = 355 \text{ N/mm}^2$



$M_{\text{Ed,st}} = 76347 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 2244 \text{ N/mm}'$

of  $M_{\text{Ed,veld}} = 137967 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 0 \text{ N/mm}'$

$M_{\text{Ed,max}} = 137967 \text{ Nmm/mm}' ; V_{z,\text{Ed,st}} = 2244 \text{ N/mm}'$

$M_{\text{Rd}} = (1/4) * 1,0 * t^2 * f_y = 179719 \text{ Nmm/mm}'$

$V_{\text{Rd}} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5} = 9223 \text{ N/mm}'$

$M_{\text{Ed}} / M_{\text{Rd}} = 137967 / 179718,8 = 0,77 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_b = 272,5 \text{ N/mm}^2$

$V_{\text{Ed}} / V_{\text{Rd}} = 2244 / 9223 = 0,24 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\tau_z = 49,9 \text{ N/mm}^2$

vergelijkingsspanning :

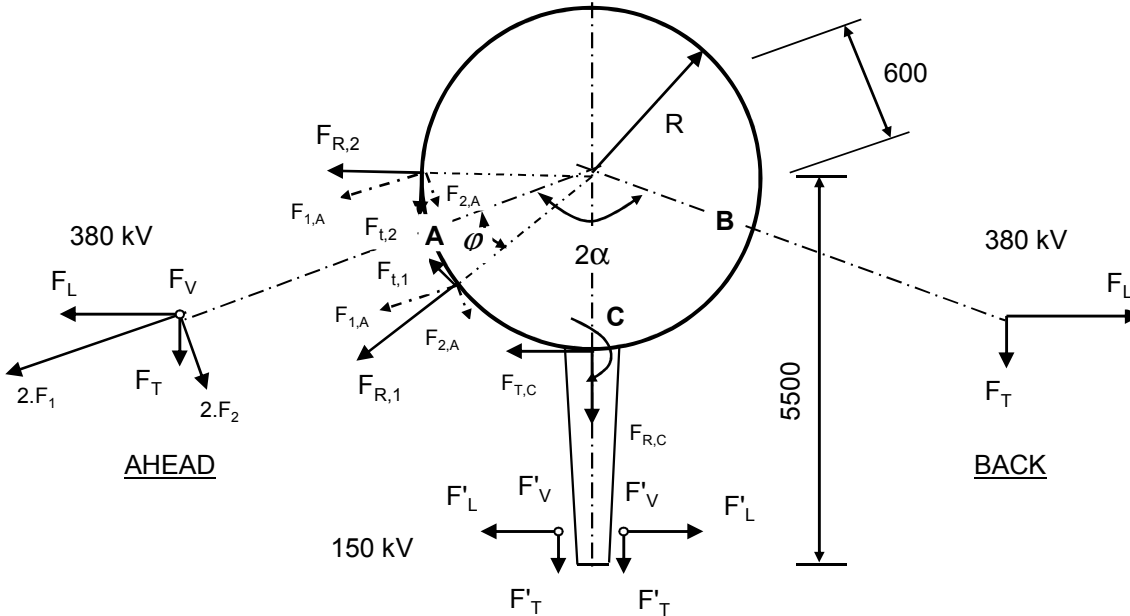
$\sigma_{\text{vlg}} = (272,5^2 + 3 * 49,9^2)^{0,5}$

$\sigma_{\text{vlg}} = 286 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ MPa -- Voldoet}$

**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

$2\alpha$  is hoek tussen lijnen en  $\alpha$  is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevestigingsring

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

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

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

$$F_{R,1,A} = F_{1,A} \cdot \cos\phi + F_{2,A} \cdot \sin\phi ; F_{T,1,A} = F_{1,A} \cdot \sin\phi - F_{2,A} \cdot \cos\phi$$

$$F_{R,2,A} = F_{1,A} \cdot \cos\phi - F_{2,A} \cdot \sin\phi ; F_{T,2,A} = F_{1,A} \cdot \sin\phi + F_{2,A} \cdot \cos\phi$$

$$; M_w = | F_{T,1,A} + F_{T,2,A} | \cdot R$$

$$F_{R,1,B} = F_{1,B} \cdot \cos\phi + F_{2,B} \cdot \sin\phi ; F_{T,1,B} = F_{1,B} \cdot \sin\phi - F_{2,B} \cdot \cos\phi$$

$$F_{R,2,B} = F_{1,B} \cdot \cos\phi - F_{2,B} \cdot \sin\phi ; F_{T,2,B} = F_{1,B} \cdot \sin\phi + F_{2,B} \cdot \cos\phi$$

$$; M_w = | F_{T,1,B} + F_{T,2,B} | \cdot R$$

150 kV: Per bevestigingsring

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

$$F_{R,C} = \sum F'_T / 2$$

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

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

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

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

**Opmerking:**

In mast W2H400A+10 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

**9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 57,0 meter hoogte**

Ring gegevens:

$t_{buis;nom} = 20 \text{ mm}$

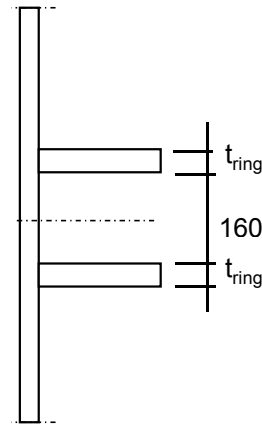
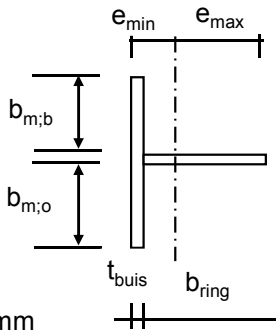
$t_{buis;reken} = 20 \text{ mm}$

$t_{ring;nom} = 20 \text{ mm}$

$t_{ring;reken} = 20 \text{ mm}$

$b_{ring} = 135 \text{ mm}$

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 ;  $f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$

$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$

$b_{m;b} = 210,9 \text{ mm}$

$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$

$A = 8918 \text{ mm}^2$

$e_{min} = 33,5 \text{ mm}$

$e_{max} = 121,5 \text{ mm}$

$I = 15614845 \text{ mm}^4$

$W_{min} = 128480 \text{ mm}^3$

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

$N_{Rd} = 2111 \text{ kN}$

$M_{y;Rd} = 30 \text{ kNm}$

$M_{w;Rd} = 4803 \text{ kNm}$  (torsieweerstand mast)

$V_{Rd} = 369 \text{ kN}$

Belastingen op 57,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AM en AM1

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))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Tracé VHZ - BWK

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,6 mm

Mast 133 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 172$  graden

Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 172$  graden maatgevend

hoek  $\varphi = \arcsin(300 / (417+80)) = 37,2$  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))	59,3	25,9	59,3	25,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	31,1	63,4	31,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	36,5	19,1	61,7	26,8		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,6	31,1	64,2	31,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,3	20,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	48,6	23,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	35,8	19,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,8	23,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

Tracé VHZ - BWK

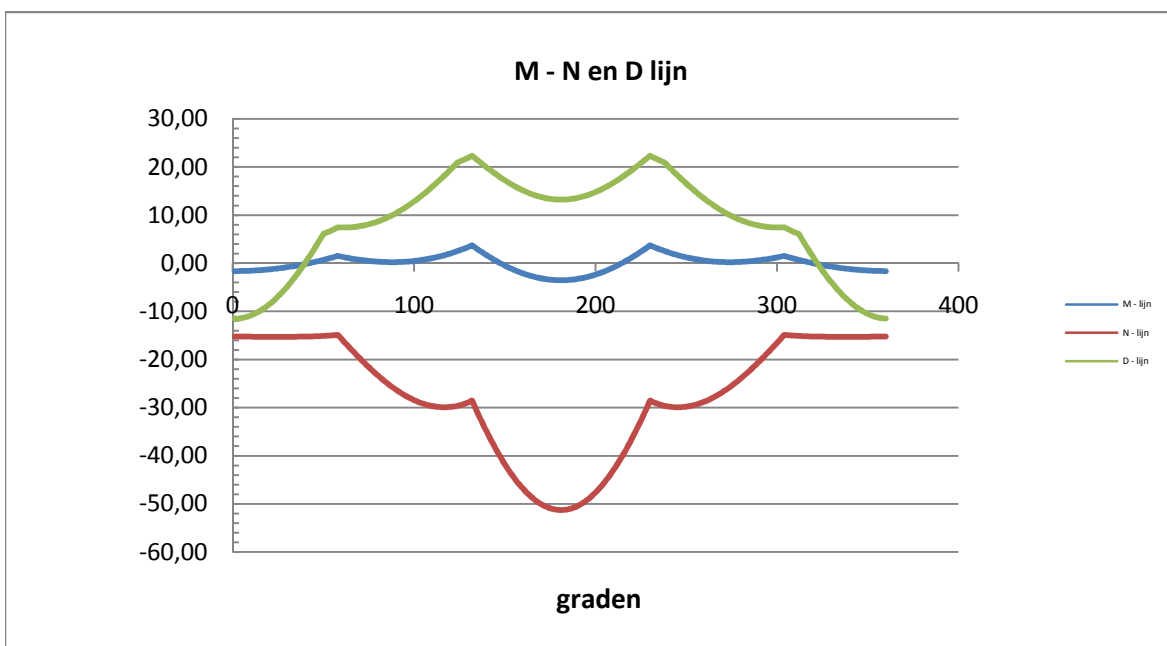
Belastinggeval : BG 1 - wind 90 gr.

$\varphi$ 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	-15,23	-11,51	0,22	2,54
15,0	-1,39	-15,24	-9,68	0,65	7,62
30,0	-0,74	-15,25	-4,43	1,09	12,70
45,0	0,35	-15,14	3,61	0,95	11,13
60,0	1,30	-16,12	7,44	0,83	9,74
75,0	0,47	-21,92	8,21	0,21	2,47
90,0	0,26	-26,51	10,63	0,54	6,31
105,0	0,80	-29,29	14,61	1,37	16,01
120,0	2,17	-29,79	19,81	0,49	5,77
135,0	2,66	-31,87	21,12	3,31	38,69
150,0	-0,65	-42,33	17,01	2,11	24,68
165,0	-2,77	-48,98	14,22	0,73	8,48
180,0	-3,49	-51,26	13,24	0,73	8,48
195,0	-2,77	-48,98	14,22	2,11	24,68
210,0	-0,65	-42,33	17,01	3,31	38,69
225,0	2,66	-31,87	21,12	0,49	5,77
240,0	2,17	-29,79	19,81	1,37	16,01
255,0	0,80	-29,29	14,61	0,54	6,31
270,0	0,26	-26,51	10,63	0,21	2,47
285,0	0,47	-21,92	8,21	0,83	9,74
300,0	1,30	-16,12	7,44	0,95	11,13
315,0	0,35	-15,14	3,61	1,09	12,70
330,0	-0,74	-15,25	-4,43	0,65	7,62
345,0	-1,39	-15,24	-9,68	0,22	2,53
360,0	-1,61	-15,23	-11,50	0,00	0,01

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

$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

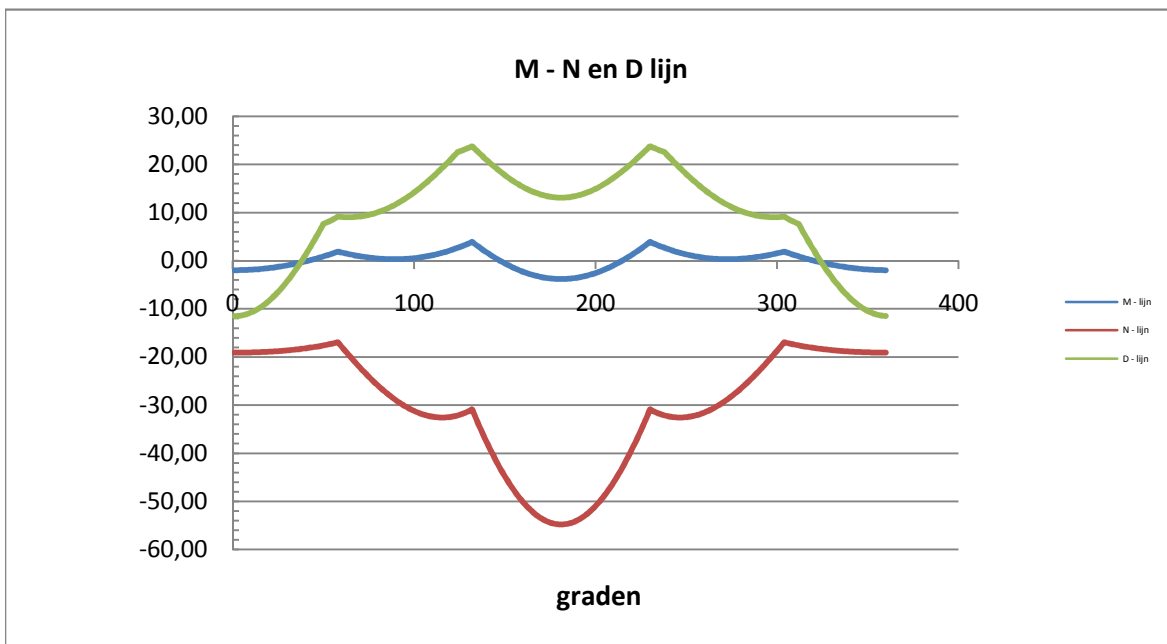
$$I = 15614845 \text{ mm}^4$$



Tracé VHZ - BWK

Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

$\varphi$ 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	-1,96	-19,09	-11,50	0,27	3,18
15,0	-1,68	-18,97	-9,52	0,81	9,50
30,0	-0,87	-18,59	-3,80	1,34	15,68
45,0	0,47	-17,85	4,93	1,17	13,70
60,0	1,65	-18,28	9,09	1,00	11,69
75,0	0,65	-24,47	9,64	0,31	3,57
90,0	0,34	-29,26	11,97	0,52	6,13
105,0	0,86	-32,06	16,01	1,43	16,74
120,0	2,30	-32,40	21,40	0,51	5,97
135,0	2,81	-34,42	22,35	3,55	41,45
150,0	-0,74	-45,43	17,53	2,26	26,42
165,0	-3,00	-52,43	14,27	0,78	9,07
180,0	-3,78	-54,83	13,13	0,78	9,07
195,0	-3,00	-52,43	14,27	2,26	26,42
210,0	-0,74	-45,43	17,53	3,55	41,45
225,0	2,81	-34,42	22,35	0,51	5,97
240,0	2,30	-32,40	21,40	1,43	16,74
255,0	0,86	-32,06	16,01	0,52	6,13
270,0	0,34	-29,26	11,97	0,31	3,57
285,0	0,65	-24,47	9,64	1,00	11,69
300,0	1,65	-18,28	9,09	1,17	13,70
315,0	0,47	-17,85	4,93	1,34	15,68
330,0	-0,87	-18,59	-3,80	0,81	9,50
345,0	-1,68	-18,97	-9,52	0,27	3,16
360,0	-1,96	-19,09	-11,49	0,00	0,01

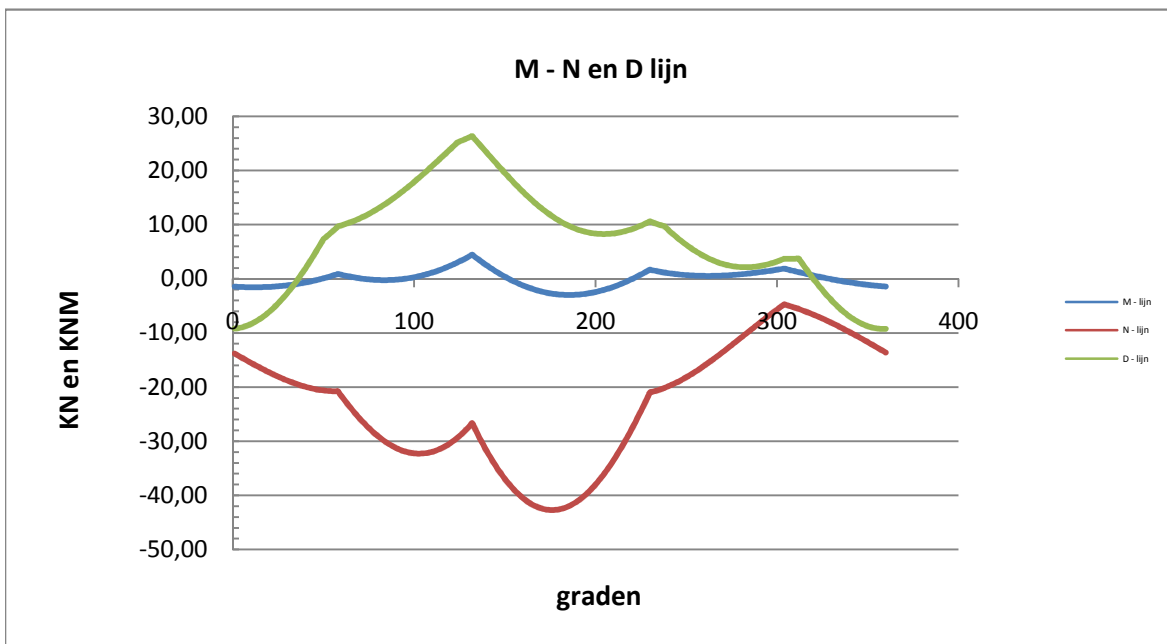




Tracé VHZ - BWK

Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

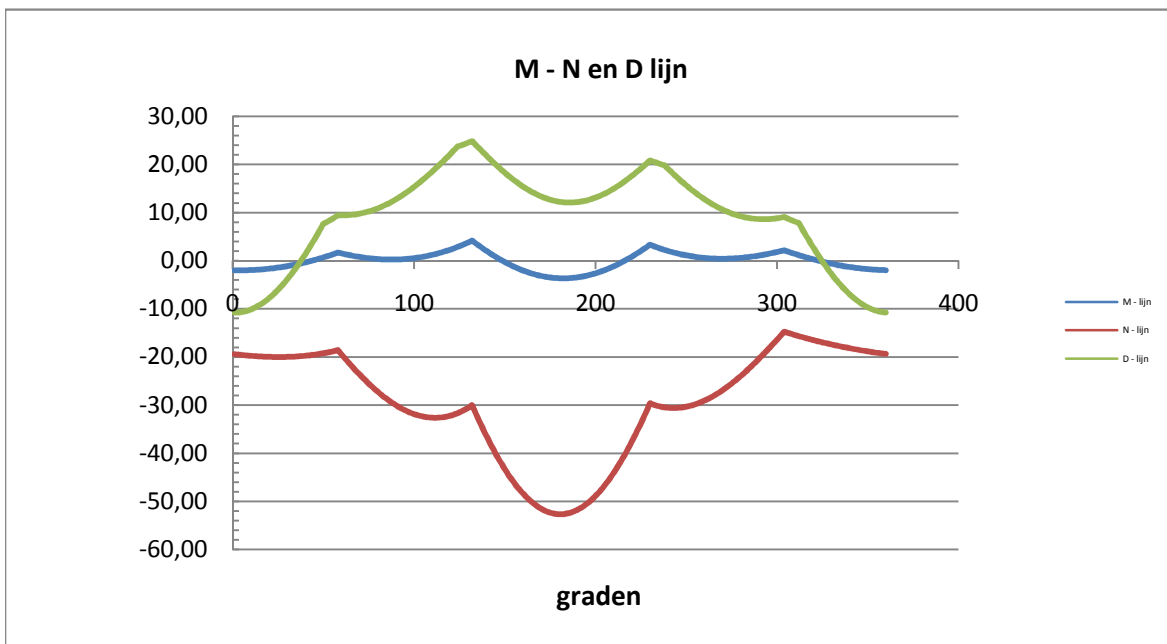
$\varphi$ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,43	-13,83	-9,19	0,10	1,17
15,0	-1,53	-16,60	-7,17	0,37	4,35
30,0	-1,16	-18,92	-2,25	0,91	10,63
45,0	-0,25	-20,42	5,07	0,91	10,58
60,0	0,66	-22,13	9,98	0,79	9,19
75,0	-0,13	-27,87	12,17	0,00	0,03
90,0	-0,13	-31,39	15,46	0,89	10,42
105,0	0,76	-32,21	19,63	1,81	21,07
120,0	2,57	-30,10	24,25	0,86	10,07
135,0	3,43	-29,33	24,82	3,22	37,53
150,0	0,22	-37,36	19,18	2,16	25,18
165,0	-1,94	-41,83	14,20	0,97	11,34
180,0	-2,91	-42,48	10,53	0,23	2,71
195,0	-2,68	-39,39	8,57	1,35	15,75
210,0	-1,33	-32,94	8,44	2,28	26,65
225,0	0,95	-23,78	9,97	0,06	0,69
240,0	1,01	-19,74	8,77	0,44	5,14
255,0	0,57	-16,96	4,92	0,04	0,49
270,0	0,61	-13,33	2,68	0,42	4,92
285,0	1,03	-9,35	2,18	0,69	8,04
300,0	1,72	-5,48	3,32	0,81	9,41
315,0	0,92	-6,11	1,84	1,05	12,22
330,0	-0,13	-8,31	-4,29	0,81	9,44
345,0	-0,94	-10,96	-8,15	0,47	5,53
360,0	-1,41	-13,64	-9,22	0,02	0,25



Tracé VHZ - BWK

Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

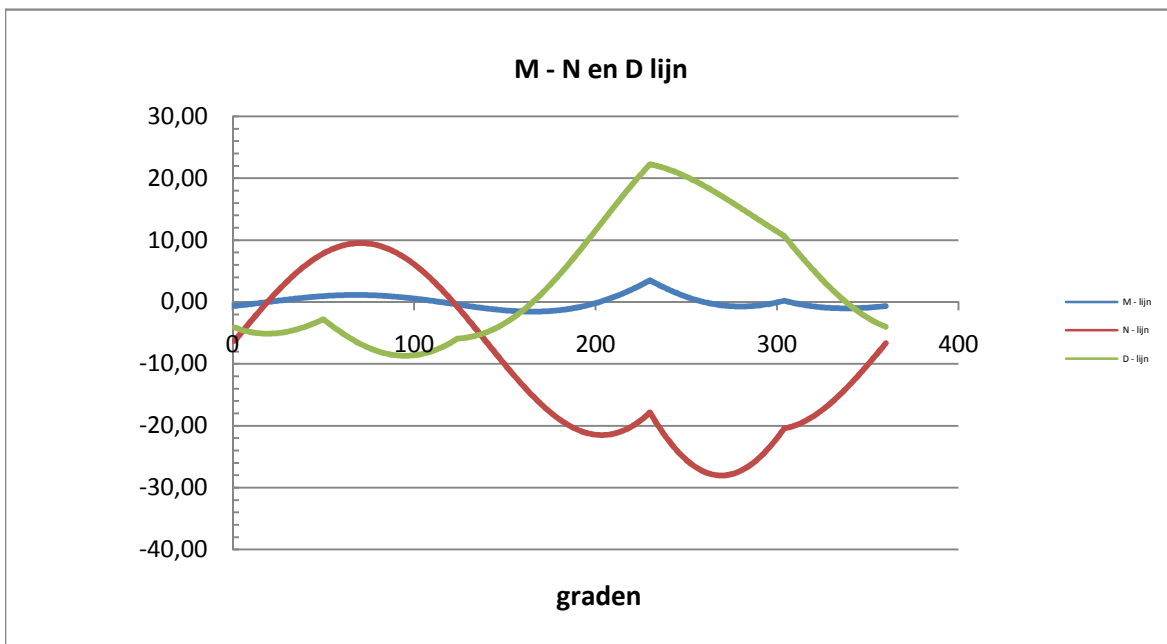
$\varphi$ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,97	-19,43	-10,74	0,18	2,05
15,0	-1,80	-19,92	-8,89	0,74	8,68
30,0	-1,05	-19,99	-3,41	1,31	15,32
45,0	0,26	-19,49	5,05	1,19	13,84
60,0	1,45	-19,93	9,44	0,96	11,16
75,0	0,49	-25,91	10,37	0,22	2,57
90,0	0,27	-30,28	13,00	0,64	7,46
105,0	0,91	-32,47	17,20	1,56	18,21
120,0	2,47	-32,09	22,57	0,61	7,06
135,0	3,07	-33,41	23,28	3,55	41,42
150,0	-0,47	-43,91	17,97	2,30	26,90
165,0	-2,78	-50,52	14,08	0,87	10,18
180,0	-3,65	-52,69	12,21	0,62	7,25
195,0	-3,03	-50,28	12,63	2,05	23,89
210,0	-0,98	-43,52	15,21	3,28	38,29
225,0	2,30	-32,99	19,49	0,36	4,26
240,0	1,93	-30,58	18,72	1,17	13,68
255,0	0,76	-29,71	13,87	0,33	3,84
270,0	0,43	-26,66	10,47	0,43	5,00
285,0	0,86	-21,91	8,81	1,05	12,27
300,0	1,91	-16,02	8,89	1,19	13,87
315,0	0,72	-16,10	5,26	1,41	16,43
330,0	-0,68	-17,49	-3,18	0,91	10,61
345,0	-1,59	-18,60	-8,75	0,37	4,32
360,0	-1,96	-19,38	-10,73	0,01	0,10



Tracé VHZ - BWK

Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

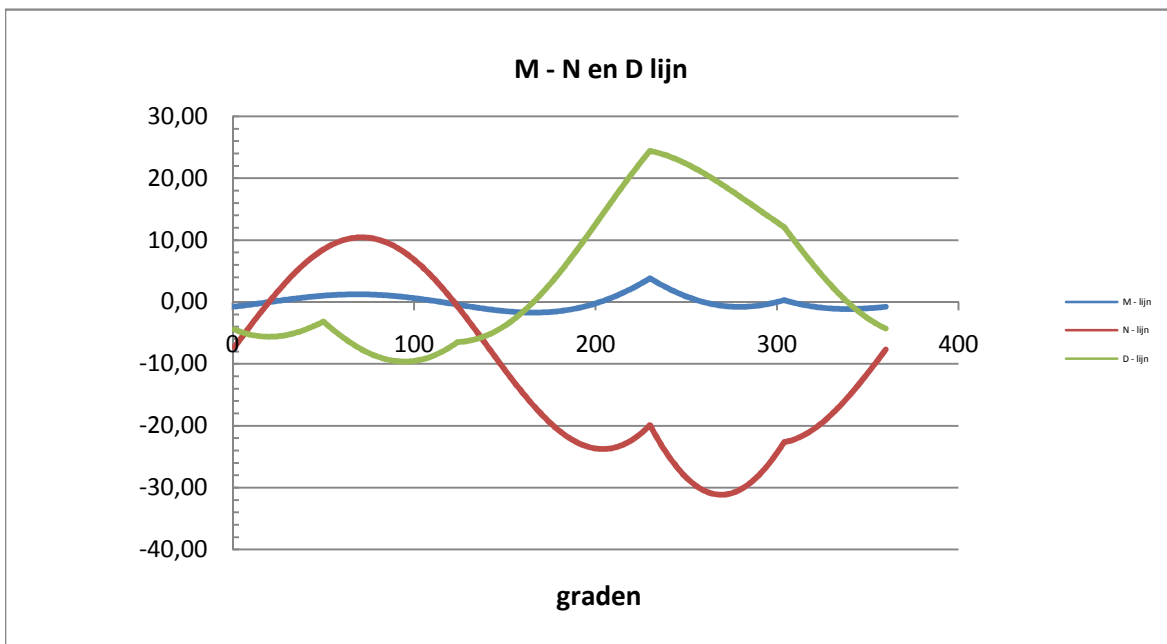
$\varphi$ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,65	-6,32	-4,12	0,51	6,01
15,0	-0,14	-1,08	-5,08	0,55	6,38
30,0	0,41	3,59	-4,74	0,45	5,22
45,0	0,85	7,12	-3,30	0,25	2,88
60,0	1,10	9,13	-5,14	0,01	0,11
75,0	1,09	9,37	-7,52	0,27	3,18
90,0	0,82	7,81	-8,63	0,49	5,74
105,0	0,33	4,62	-8,28	0,62	7,24
120,0	-0,29	0,16	-6,44	0,62	7,27
135,0	-0,92	-5,08	-5,28	0,48	5,57
150,0	-1,39	-10,48	-3,24	0,18	2,09
165,0	-1,57	-15,39	0,16	0,26	3,00
180,0	-1,32	-19,16	4,72	0,80	9,34
195,0	-0,51	-21,24	10,05	1,40	16,36
210,0	0,89	-21,23	15,66	2,00	23,37
225,0	2,89	-18,89	20,96	0,98	11,49
240,0	1,90	-22,66	21,34	1,63	19,04
255,0	0,27	-26,84	19,37	0,87	10,18
270,0	-0,60	-28,03	16,84	0,08	0,92
285,0	-0,68	-26,21	14,04	0,66	7,74
300,0	-0,01	-21,64	11,20	0,53	6,24
315,0	-0,55	-19,18	6,48	0,45	5,21
330,0	-1,00	-16,00	1,84	0,01	0,09
345,0	-0,99	-11,51	-1,78	0,30	3,56
360,0	-0,68	-6,67	-4,01	0,03	0,35



Tracé VHZ - BWK

Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

$\varphi$ 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	-0,75	-7,27	-4,43	0,56	6,52
15,0	-0,19	-1,47	-5,57	0,60	7,03
30,0	0,41	3,71	-5,25	0,50	5,83
45,0	0,91	7,69	-3,73	0,28	3,31
60,0	1,20	9,98	-5,77	0,00	0,04
75,0	1,20	10,33	-8,38	0,29	3,35
90,0	0,91	8,70	-9,57	0,53	6,20
105,0	0,38	5,25	-9,15	0,68	7,91
120,0	-0,29	0,37	-7,08	0,69	8,00
135,0	-0,98	-5,39	-5,84	0,53	6,20
150,0	-1,51	-11,36	-3,64	0,21	2,43
165,0	-1,72	-16,81	0,07	0,27	3,14
180,0	-1,45	-21,03	5,05	0,87	10,10
195,0	-0,58	-23,41	10,92	1,53	17,84
210,0	0,94	-23,49	17,11	2,19	25,60
225,0	3,14	-21,00	22,99	1,08	12,59
240,0	2,06	-25,20	23,49	1,78	20,76
255,0	0,28	-29,81	21,42	0,94	10,92
270,0	-0,66	-31,11	18,73	0,06	0,64
285,0	-0,71	-29,07	15,74	0,77	8,96
300,0	0,06	-23,97	12,70	0,61	7,13
315,0	-0,55	-21,32	7,48	0,53	6,13
330,0	-1,08	-17,89	2,30	0,02	0,21
345,0	-1,10	-12,99	-1,76	0,32	3,73
360,0	-0,78	-7,67	-4,30	0,03	0,37



**Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs**

Controle spanningen :

$N_{Ed,max} =$	42,7	kN	$N_{Rd} =$	2111	kN
$M_{y,Ed,max} =$	4,44	kNm	$M_{Rd} =$	30	kNm
$M_{w,Ed,max} =$	18,3	kNm	$M_{Rd} =$	4803	kNm
$V_{Ed,max} =$	26,3	kN	$V_{Rd} =$	369	kN

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = 42,69 / 2111 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = 4,44 / 30,4 = 0,15 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 34,6 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = 26,34 / 369 = 0,07 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 9,8 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 26,66$   
 $V_{Ed} = 26,34$

$$\sigma_b + \sigma_N = 34,6 + 3,0 = 37,5 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 9,8 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 41 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las.**

Per bevestiging (2 \* bevestigingspunten en 2 \* ringen)

$F_{R,1,h} =$	63,37	kN
$F_{T,1,h} =$	57,09	kN
$F_z =$	17,30	kN
$F_{Langs,Ed} =$	41,45	kN

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

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$

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

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

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 35,68 \text{ N/mm}^2$$

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

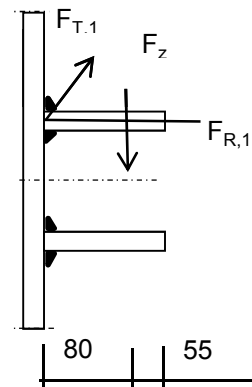
$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 25,90 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 52,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 80,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 193,0 \text{ N/mm}^2$$



Toetsing regel :

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 193,0 / 302,2 = 0,64 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 80,4 / 244,8 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

**9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 meter hoogte**

Ring gegevens:

$t_{buis;nom} = 22 \text{ mm}$

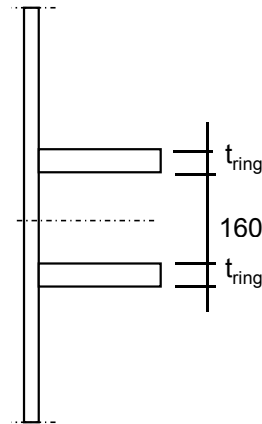
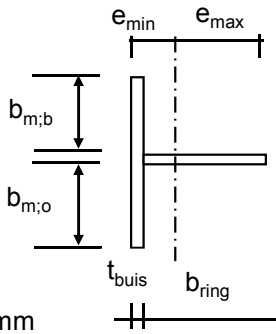
$t_{buis;reken} = 22 \text{ mm}$

$t_{ring;nom} = 20 \text{ mm}$

$t_{ring;reken} = 20 \text{ mm}$

$b_{ring} = 135 \text{ mm}$

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 ;  $f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$

$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$

$b_{m;b} = 232,0 \text{ mm}$

$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$

$A = 10004 \text{ mm}^2$

$e_{min} = 32,2 \text{ mm}$

$e_{max} = 124,8 \text{ mm}$

$I = 16542576 \text{ mm}^4$

$W_{min} = 132539 \text{ mm}^3$

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

$N_{Rd} = 2367 \text{ kN}$

$M_{y;Rd} = 31 \text{ kNm}$

$M_{w;Rd} = 10516 \text{ kNm}$  (torsieweerstand mast)

$V_{Rd} = 369 \text{ kN}$

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))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Tracé VHZ - BWK

Diameter mast t.p.v ringen  $D = 1167$  mm  
 $R = 583,3$  mm

Mast 133 : Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 172$  graden  
 Lijnhoek =  $2 \cdot \alpha = 172$  graden maatgevend  
 hoek  $\varphi = \arcsin(300 / (583+80)) = 26,9$  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	35,2	60,2	35,2		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	40,8	64,9	40,8		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,6	24,6	62,6	36,5		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,6	39,7	65,7	41,1		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,2	27,7	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,8	31,2	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,0	24,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,3	29,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19



Tracé VHZ - BWK

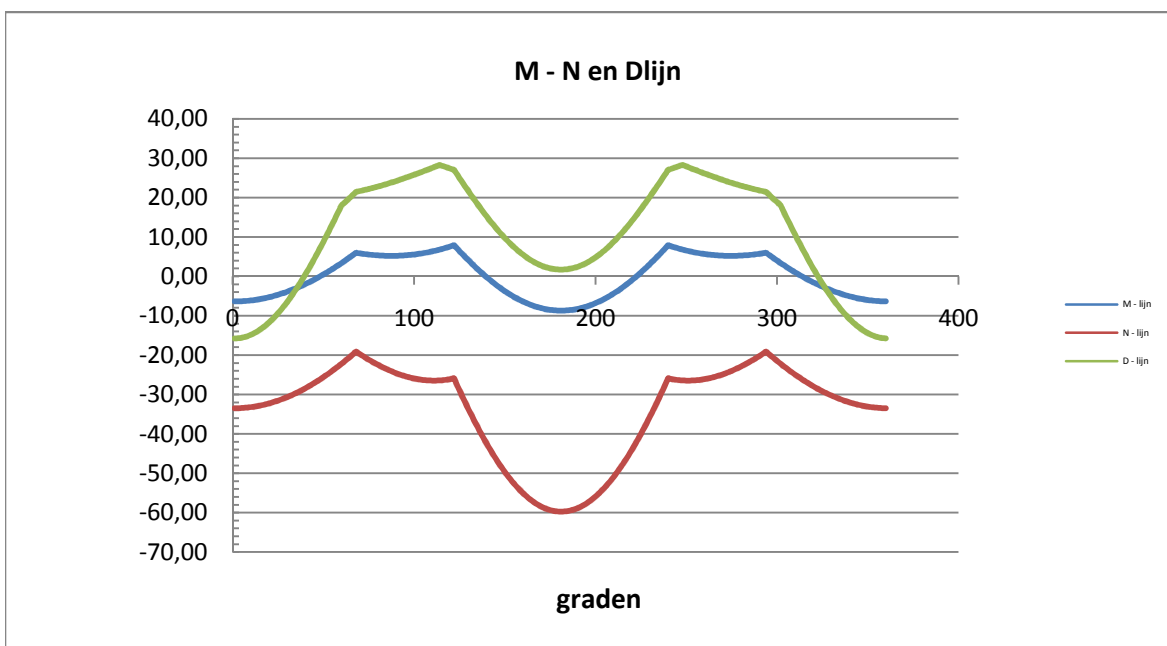
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

$\varphi$ 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	-6,39	-33,46	-15,79	0,67	7,34
15,0	-5,72	-32,70	-13,25	1,97	21,69
30,0	-3,75	-30,44	-5,91	3,18	35,04
45,0	-0,57	-26,76	5,31	4,25	46,78
60,0	3,67	-21,79	18,47	1,80	19,85
75,0	5,48	-21,39	22,33	0,25	2,73
90,0	5,23	-24,69	24,36	0,73	8,09
105,0	5,96	-26,32	26,87	1,78	19,61
120,0	7,74	-25,96	27,23	6,35	70,01
135,0	1,39	-39,16	17,69	5,46	60,16
150,0	-4,07	-50,29	9,25	3,46	38,16
165,0	-7,54	-57,35	3,67	1,19	13,07
180,0	-8,72	-59,76	1,72	1,19	13,07
195,0	-7,54	-57,35	3,67	3,46	38,16
210,0	-4,07	-50,29	9,25	5,46	60,16
225,0	1,39	-39,16	17,69	6,35	70,01
240,0	7,74	-25,96	27,23	1,78	19,61
255,0	5,96	-26,32	26,87	0,73	8,09
270,0	5,23	-24,69	24,36	0,25	2,73
285,0	5,48	-21,39	22,33	1,80	19,85
300,0	3,67	-21,79	18,47	4,25	46,78
315,0	-0,57	-26,76	5,31	3,18	35,04
330,0	-3,75	-30,44	-5,91	1,97	21,69
345,0	-5,72	-32,70	-13,25	0,66	7,31
360,0	-6,38	-33,46	-15,78	0,00	0,03

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

$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

$$I = 16542576 \text{ mm}^4$$



Tracé VHZ - BWK

Controle spanningen :

$N_{Ed,max} =$	59,8	kN	$N_{Rd} =$	2367	kN
$M_{y,Ed,max} =$	8,72	kNm	$M_{Rd} =$	31	kNm
$M_{w,Ed,max} =$	27,8	kNm	$M_{Rd} =$	10516	kNm
$V_{Ed,max} =$	28,3	kN	$V_{Rd} =$	369	kN

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = 59,76 / 2367 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 6,0 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = 8,72 / 31,4 = 0,28 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 65,8 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = 28,31 / 369 = 0,08 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 10,5 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 59,76$   
 $V_{Ed} = 1,72$

$$\sigma_b + \sigma_N = 65,8 + 6,0 = 71,8 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 72 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 \* bevestigingspunten en 2 \* ringen)

$F_{R,1,h} =$	64,95	kN
$F_{T,1,h} =$	50,62	kN
$F_z =$	17,30	kN
$F_{Langs,Ed} =$	70,01	kN

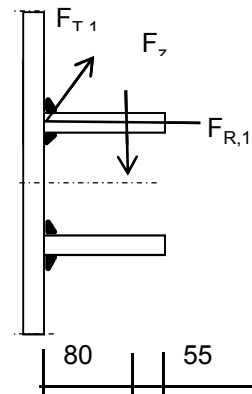
$$L_{las} = b_{m,ring} = 0,138 \cdot t \cdot \pi \cdot (E/fy)^{0,5} = 210 \text{ mm}$$

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$



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

$$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 28,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 31,64 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 43,75 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 52,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 81,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 208,3 \text{ N/mm}^2$$

Toetsing regel :

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad \text{of} \quad \tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$$

$$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel}(3))$$

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

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

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

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

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 208,3 / 302,2 = 0,69 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 81,1 / 244,8 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

**9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte**

Ring gegevens:

$t_{buis;nom} = 25 \text{ mm}$

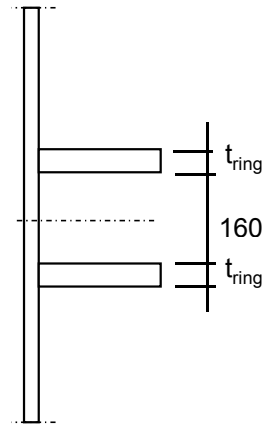
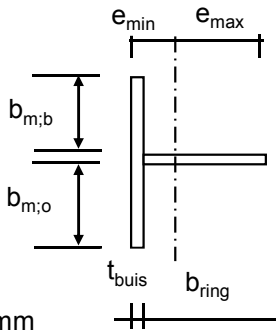
$t_{buis;reken} = 25 \text{ mm}$

$t_{ring;nom} = 20 \text{ mm}$

$t_{ring;reken} = 20 \text{ mm}$

$b_{ring} = 135 \text{ mm}$

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 ;  $f_y = 355,0 \text{ N/mm}^2$

$E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$

$b_{m;b} = 263,6 \text{ mm}$

$b_{m;o} = 80 \text{ mm}$

$A = 11790 \text{ mm}^2$

$e_{min} = 30,8 \text{ mm}$

$e_{max} = 129,2 \text{ mm}$

$I = 17896923 \text{ mm}^4$

$W_{min} = 138543 \text{ mm}^3$

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

$N_{Rd} = 2790 \text{ kN}$

$M_{y;Rd} = 33 \text{ kNm}$

$M_{w;Rd} = 19885 \text{ kNm}$  (torsieweerstand mast)

$V_{Rd} = 369 \text{ kN}$

Belastingen op 37,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m )

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> N	F <sub>V</sub> N	F <sub>T</sub> N	F <sub>L</sub> N
BG 1a - (wind (90 gr))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Tracé VHZ - BWK

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm  
 R = 749,9 mm

Mast 133 : Lijnhoek = 2.  $\alpha$  = 172 graden

hoek tussen lijnen 2.  $\alpha$  = 172 graden maatgevend

hoek  $\varphi$  =  $\arcsin(300 / (750+80)) = 21,2$  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))	59,8	39,9	59,8	39,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	45,6	64,9	45,6		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,7	27,3	62,3	41,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,8	44,0	65,7	46,0		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,1	31,1	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,8	34,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,2	27,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,5	32,7	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

Tracé VHZ - BWK

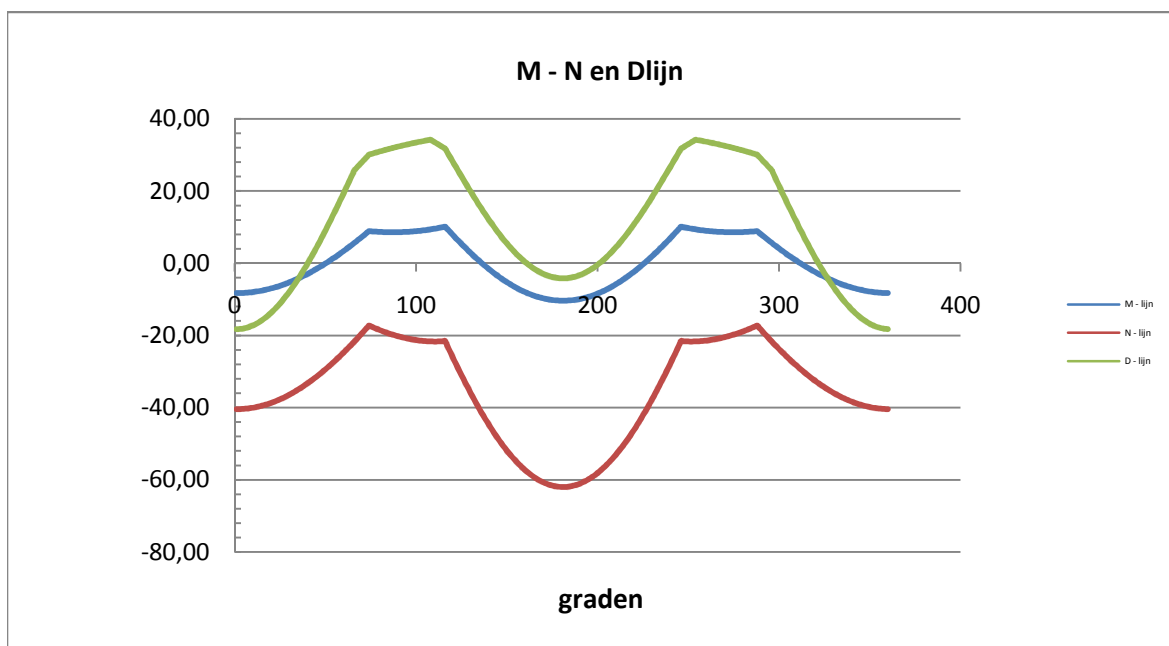
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

$\varphi$ 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	-8,31	-40,45	-18,29	0,80	8,20
15,0	-7,50	-39,38	-15,45	2,37	24,16
30,0	-5,13	-36,21	-7,30	3,81	38,83
45,0	-1,32	-31,10	5,18	5,05	51,43
60,0	3,74	-24,30	20,44	5,09	51,82
75,0	8,82	-17,74	30,40	0,19	1,95
90,0	8,63	-20,39	32,45	0,62	6,30
105,0	9,25	-21,65	34,05	1,82	18,55
120,0	7,43	-26,94	27,49	7,33	74,62
135,0	0,10	-41,36	15,15	5,69	57,89
150,0	-5,58	-52,53	4,91	3,60	36,65
165,0	-9,18	-59,60	-1,84	1,23	12,54
180,0	-10,41	-62,02	-4,19	1,23	12,54
195,0	-9,18	-59,60	-1,84	3,60	36,65
210,0	-5,58	-52,53	4,91	5,69	57,89
225,0	0,10	-41,36	15,15	7,33	74,62
240,0	7,43	-26,94	27,49	1,82	18,55
255,0	9,25	-21,65	34,05	0,62	6,30
270,0	8,63	-20,39	32,45	0,19	1,95
285,0	8,82	-17,74	30,40	5,09	51,82
300,0	3,74	-24,30	20,44	5,05	51,43
315,0	-1,32	-31,10	5,18	3,81	38,83
330,0	-5,13	-36,21	-7,30	2,37	24,16
345,0	-7,50	-39,38	-15,45	0,80	8,16
360,0	-8,30	-40,45	-18,27	0,00	0,04

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

$$S = 182250 \text{ mm}^3$$

$$I = 17896923 \text{ mm}^4$$



Tracé VHZ - BWK

Controle spanningen :

$N_{Ed,max} =$	62,0	kN	$N_{Rd} =$	2790	kN
$M_{y,Ed,max} =$	10,41	kNm	$M_{Rd} =$	33	kNm
$M_{w,Ed,max} =$	37,3	kNm	$M_{Rd} =$	19885	kNm
$V_{Ed,max} =$	34,2	kN	$V_{Rd} =$	369	kN

$$N_{Ed,max} / N_{Rd} = 62,02 / 2790 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed,max} / M_{y,Rd} = 10,41 / 32,8 = 0,32 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

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

$$V_{Ed,max} / V_{Rd} = 34,22 / 369 = 0,09 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 12,7 \text{ N/mm}^2$$

Bij maximale moment :  $N_{Ed} = 62,02$   
 $V_{Ed} = 4,19$

$$\sigma_b + \sigma_N = 75,2 + 5,3 = 80,4 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{vlg} = 80 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 \* bevestigingspunten en 2 \* ringen)

$F_{R,1,h} =$	64,92	kN
$F_{T,1,h} =$	46,32	kN
$F_z =$	17,30	kN
$F_{Langs,Ed} =$	74,62	kN

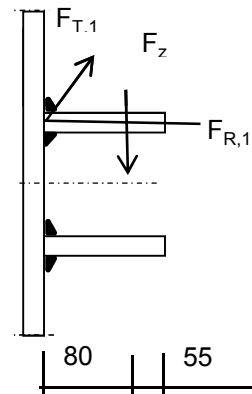
$$L_{las} = b_{m,ring} = 0,138 \cdot t \cdot \pi \cdot (E/fy)^{0,5} = 210 \text{ mm}$$

of

$$L_{las} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{las} = 160 \text{ mm} - \text{maatgevend}$$

$$\text{lasdikte } a = 5 \text{ mm} - \text{hoeklas}$$



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

$$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 28,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 28,95 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_2 = F_{Langs,Ed,max} / (2 \cdot a \cdot L_{las,min}) = 46,64 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v.  $F_z$  :

$$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z \cdot 1000 \cdot 80) / (t_{ring} + 2 \cdot a / 3)] / (a \cdot L_{las,min} \cdot 2^{0,5}) = 52,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = 81,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{ \sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) \}^{0,5} = 208,5 \text{ N/mm}^2$$

Toetsing regel :

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad \text{of} \quad \tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$$

$$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel}(3))$$

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

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

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

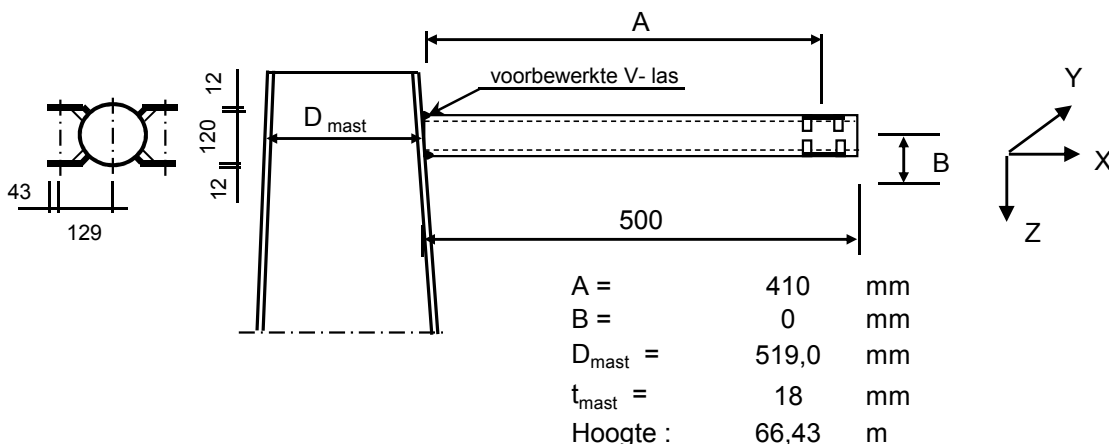
$$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302 \text{ N/mm}^2 \qquad 0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 208,5 / 302,2 = 0,69 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \qquad 81,1 / 244,8 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$



**9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad**



**Buisgegevens**

Buis Ø168,3 \* 8 - S355 ;

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

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

A =	4029	mm <sup>2</sup>	$N_{Ed} = A * f_y =$	953	kN
$W_y = W_z =$	1,54E+05	mm <sup>3</sup>	$M_{y,Ed} = W_y * f_y =$	36,5	kNm
$W_x =$	3,08E+05	mm <sup>3</sup>	$M_{z,Ed} = W_z * f_y =$	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 V10.0 - Appendix AM en AM1

	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))	20427	32676	2405	20427	-32676	2405
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32447	58144	10564	32447	-58144	10564
BG 1a - (wind (45 gr))	9102	17936	2690	21512	-34167	2393
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26383	54949	10774	33112	-58712	10537
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13529	23227	2532	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20827	35524	4305	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8595	17608	2707	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13832	28362	4573	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14071	23956	2518	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21592	36479	4282	0	0	0

- $F_x =$  Transverse kracht
- $F_y =$  Longitudinale kracht
- $F_z =$  Verticale kracht

## Trace' VHZ - BWK

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,85	0,00	4,81	0,00	1,97	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,89	0,00	21,13	0,00	8,66	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,61	16,23	5,08	0,00	2,08	6,65
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,49	3,76	21,31	0,00	8,74	1,54
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,53	23,23	2,53	0,00	1,04	9,52
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,83	35,52	4,31	0,00	1,77	14,56
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,59	17,61	2,71	0,00	1,11	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,83	28,36	4,57	0,00	1,87	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,07	23,96	2,52	0,00	1,03	9,82
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	<b>21,59</b>	<b>36,48</b>	<b>4,28</b>	<b>0,00</b>	<b>1,76</b>	<b>14,96</b>

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

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

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

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

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 1,76 / 36 = 0,05 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 11,4 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 14,96 / 36 = 0,41 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 97,0 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = 21,59 / 953 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 5,4 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 4,28 / 275 = 0,02 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{y,Ed} / V_{y,Rd} = 36,48 / 275 = 0,13 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_y = 18,1 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = (\sigma_{b,y}^2 + \sigma_{b,z}^2)^{0,5} + \sigma_N = 103 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{max}^2 + 3*\tau_y^2 + 3*\tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 108 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Buis 168,3\*8 :

Lassen : Rondom voorbereekte 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 <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429758
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

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

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\theta_1 = 90 \quad \text{graden} ; \quad \beta = d_i / d_0 = 0,32$$

$$\gamma = d_0 / 2 * t_0 = 14,4$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 7,24 \quad \text{kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 16,10 \quad \text{kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,01 \quad \text{of} \quad n_p = -0,013$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)} ;$$

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

$$k_p = 1,00$$

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

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

$$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((1 + 3 * \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

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

$$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd} = 8,74 / 69,7 = 0,13 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Momentcapaciteit uit het vlak

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

$$M_{op,1,Rd} = 47,1 \quad \text{kNm}$$

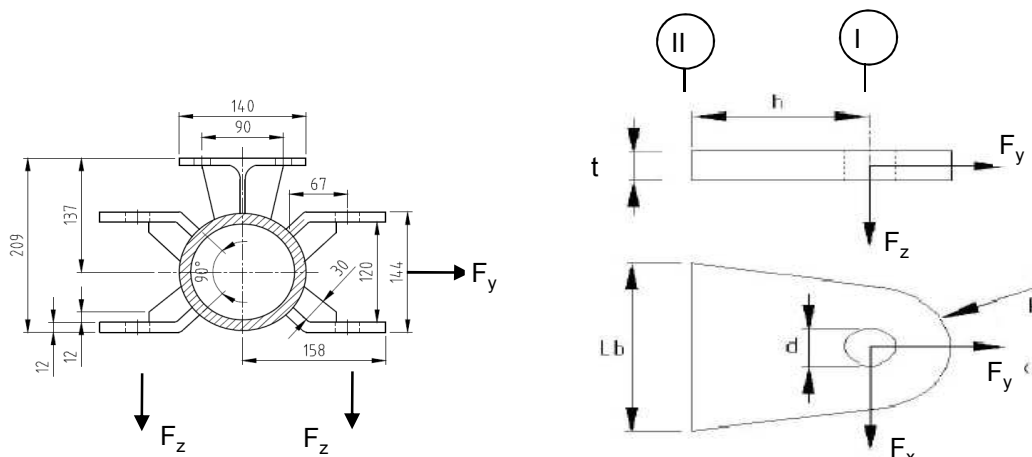
Pons controle ; Voor  $d_1 \leq d_0 - 2 * t_0$  :

$$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((3 + \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

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

$$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd} = 14,96 / 47,1 = 0,32 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

**9.2.2 - Berekening clip bliksemendraad (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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,43	32,68	2,40
BG 3 - (wind (90) + ijs)	<b>32,45</b>	<b>58,14</b>	<b>10,56</b>
BG 1a - (wind (45 gr))	9,10	17,94	2,69
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,38	54,95	10,77

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	<b>16,22</b>	<b>29,07</b>	<b>10,56</b>
------------	--------------	--------------	--------------

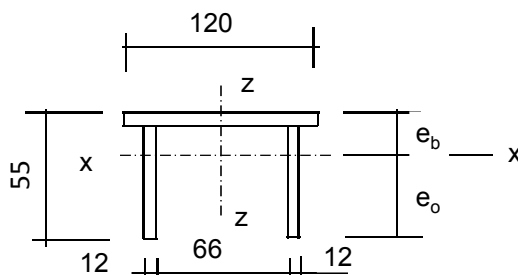
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip:  $F_{Ed,max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5} = 29,5 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 43 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips



Trace' VHZ - BWK

$e_b = 17,5 \text{ mm}$

$e_o = 37,5 \text{ mm}$

$A = 2472 \text{ mm}^2$

$A_{\text{schot}} = 1032 \text{ mm}^3$

$I_x = 630925 \text{ mm}^4$

$W_{x,\text{min}} = 16816 \text{ mm}^3$

$I_z = 3310056 \text{ mm}^4$

$W_z = 55168 \text{ mm}^3$

$N_{Rd} = A * f_y = 585 \text{ kN}$

$M_{x,Rd} = W_{x,\text{min}} * f_y = 4,0 \text{ kNm}$

$M_{z,Rd} = W_z * f_y = 10,5 \text{ kNm}$

$V_{z,Rd} = A_{\text{schot}} * f_y / 3^{0,5} = 141,0 \text{ kN}$

$V_{x,Rd} = A_{\text{ribbe}} * f_y / 3^{0,5} = 196,8 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 29,07 \text{ kN}$

$V_{z,Ed} = 10,56 \text{ kN}$

$V_{x,Ed} = 16,22 \text{ kN}$

$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h = 1,05 \text{ kNm}$

$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h = 0,69 \text{ kNm}$

$N_{Ed} / N_{Rd} = 29,07 / 585 = 0,05 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_N = 11,8 \text{ N/mm}^2$

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 1,05 / 10,5 = 0,10 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_{b,z} = 23,7 \text{ N/mm}^2$

$M_{x,Ed} / M_{x,Rd} = 0,69 / 4,0 = 0,17 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_{b,x} = 40,8 \text{ N/mm}^2$

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 10,56 / 141 = 0,07 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\tau_z = 10,2 \text{ N/mm}^2$

$V_{x,Ed} / V_{x,Rd} = 16,22 / 197 = 0,08 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\tau_x = 11,3 \text{ N/mm}^2$

Maximale spanning

$\sigma_{\text{max}} = 76,3 \text{ N/mm}^2$

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{\text{vlg}} = ( \sigma_{\text{max}}^2 + 3 * \tau_x^2 + 3 * \tau_z^2 )^{0,5}$

$\sigma_{\text{vlg}} = 81 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

$$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302 \text{ N/mm}^2$$

$$0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245 \text{ N/mm}^2$$

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$$a = 5 \text{ mm} \quad t = 12 \text{ mm}$$

$$t_1 = 12 \text{ mm}$$

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

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

$$\sigma_1 = 64,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 64,7 \text{ N/mm}^2$$

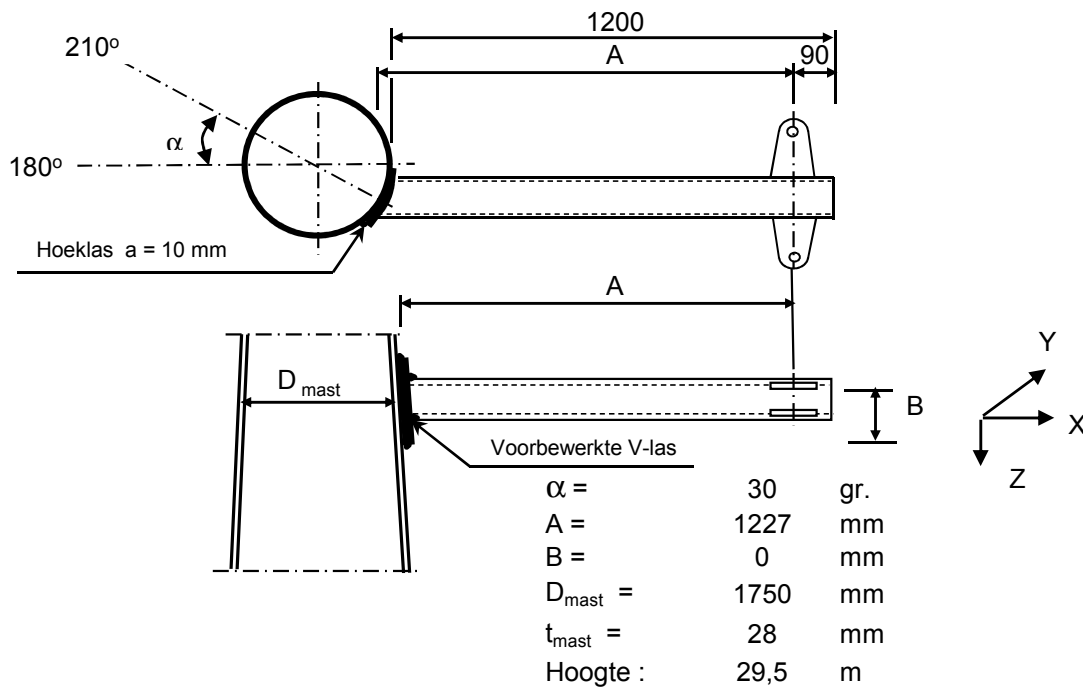
$$\tau_2 = 0 \quad 13,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 131,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 131,5 / 302,2 = 0,44 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} \quad 64,7 / 244,8 = 0,26 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

**9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"**



**Buisgegevens**

Buis  $\varnothing 406,4 * 8 - S355$  ;

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

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

$A =$	10013	$\text{mm}^2$	$N_{Ed} = A * f_y =$	2370	kN
$W_y = W_z =$	9,78E+05	$\text{mm}^3$	$M_{y,Ed} = W_y * f_y =$	231,5	kNm
$W_x =$	1,96E+06	$\text{mm}^3$	$M_{z,Ed} = W_z * f_y =$	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 REV V10.0 - Appendix AM en AM1

	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))	31950	53370	5154	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60006	113147	21553	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36618	5606	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52709	110823	21766	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	33407	55358	5123	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	60787	113655	21522	0	0	0

- $F_x =$  Transverse kracht
- $F_y =$  Longitudinale kracht
- $F_z =$  Verticale kracht

Trace' VHZ - BWK

	F <sub>x,Ed</sub>	F <sub>y,Ed</sub>	F <sub>z,Ed</sub>	M <sub>x,Ed</sub>	M <sub>y,Ed</sub>	M <sub>z,Ed</sub>
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	5,15	0,00	6,32	65,50
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,15	21,55	0,00	26,45	138,86
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	5,61	0,00	6,88	44,94
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,82	21,77	0,00	26,71	136,00
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	5,12	0,00	6,29	67,94
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	<b>60,79</b>	<b>113,65</b>	<b>21,52</b>	<b>0,00</b>	<b>26,41</b>	<b>139,48</b>

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

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

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

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

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 26,41 / 231 = 0,11 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 27,0 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 139,48 / 231 = 0,60 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,z} = 142,6 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = 60,79 / 2370 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 6,1 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 21,52 / 684 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_z = 4,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{y,Ed} / V_{y,Rd} = 113,65 / 684 = 0,17 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\tau_y = 22,7 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = (\sigma_{b,y}^2 + \sigma_{b,z}^2)^{0,5} + \sigma_N = 151 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{max}^2 + 3*\tau_y^2 + 3*\tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 156 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

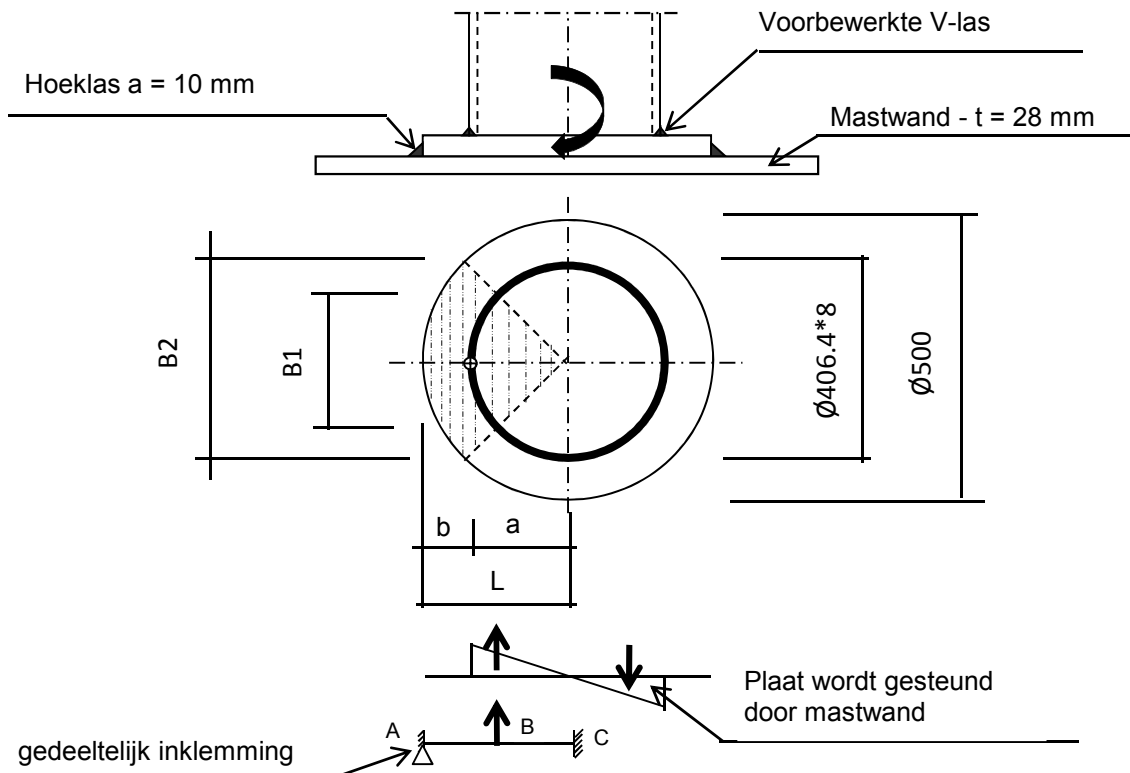
$$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302 \text{ N/mm}^2 \qquad 0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245 \text{ N/mm}^2$$

Buis 406,4\*8 aan de versterkingsplaat

Lassen : Rondom voorbereekte V- las met volledige doorsnede doorlassen



**Berekening versterkingsplaat**



Plaat rond 500 \* 25 - S355

Buis Ø406,4 \* 8 - S355 ;  
 A = 10013 mm<sup>2</sup>  
 W = 978046 mm<sup>3</sup>  
 I = 198738928 mm<sup>4</sup>  
 R = 203 mm

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

**Maatgevend belasting**

$$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} = 142,0 \text{ kNm}$$

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

$$F_{Ed} = 310,1 \text{ kN}$$

$$a = R_{buis} = 203,2$$

$$b = R_{pl} - a = 46,8$$

$$B1 = 287,4 \text{ mm} ; \text{ Boog B1} = 319 \text{ mm}$$

$$B2 = 353,6 \text{ mm} ; \text{ Boog B2} = 393 \text{ mm}$$

$$\text{Percentage inklemming} = a_{las} / t_{pl} = 40,0\%$$

$$\text{Percentage vrij oplegging} = 60,0\%$$

**Volledig opleggingg:**

$$M_{A;Ed} = 0 \quad 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2) * (2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 10,49 \text{ kNm}$$

$$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3) * (b + 2.L) = 224,1 \text{ kN}$$

Volledig inklemming:

$$M_{A,Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 9,59 \text{ kNm}$$

$$M_{B,Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 3,59 \text{ kNm}$$

$$R_{A,Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2 * b / L) = 281,6 \text{ kN}$$

Gedeeltelijk inklemming:

$$M_{A,Ed} = 0,0 * 60,0\% + 9,6 * 40,0\% = 3,84 \text{ kNm}$$

$$M_{B,Ed} = 10,5 * 60,0\% + 3,6 * 40,0\% = 7,73 \text{ kNm}$$

$$R_{A,Ed} = 224,1 * 60,0\% + 281,6 * 40,0\% = 247,1 \text{ kN}$$

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

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

$$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} = 3,84 / 14,52 = 0,26 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,A} = 62,5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} = 7,73 / 11,80 = 0,65 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,B} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Ter plaatse van buiten ring:

$$V_{Ed} = 247,1 \text{ kN}$$

$$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} = 25,2 \text{ N/mm}^2$$

Ter plaatse van binnen ring :

$$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} = 31,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vlg,max} = \{ \sigma_b^2 + 3 * \tau^2 \}^{0,5} = 164,0 \text{ N/mm}^2$$

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 110,5 \text{ N/mm}^2$$

t.g.v schuifspanning:

$$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 44,5 \text{ N/mm}^2$$

Trace' VHZ - BWK

$$\begin{aligned} \sigma_{1,\max} &= 110,5 + 44,5 = 155,0 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{1,\max} &= 110,5 - 44,5 = 66,0 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_2 &= 0 \\ \sigma_{Ed} &= \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 192,6 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) &= 192,6 / 302,2 = 0,64 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\ \sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2} &= 155,0 / 244,8 = 0,63 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \end{aligned}$$

### 9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	$d_i$ (mm)	$t_i$ (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	1749,8	28,0	151459	S355	355	64169592
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

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

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\theta_1 = 90 \quad \text{graden} ; \quad \beta = d_i / d_0 = 0,29$$

$$\gamma = d_0 / 2 * t_0 = 31,2$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 429,7 \quad \text{kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 15563,7 \quad \text{kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,69 \quad \text{of} \quad n_p = -0,675$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \quad (\text{trek}) ;$$

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

$$k_p = 0,65$$

$$M_{ip,1,Rd} = 466,7 \quad \text{kNm}$$

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

$$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((1 + 3 * \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 956,5 \quad \text{kNm}$$

$$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd} = 26,71 / 466,7 = 0,06 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Momentcapaciteit uit het vlak

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

$$M_{op,1,Rd} = 211,6 \quad \text{kNm}$$

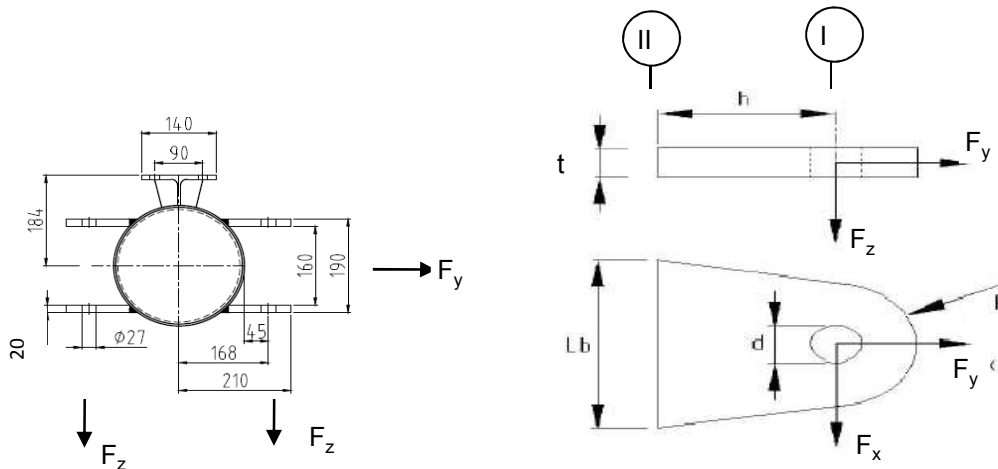
Pons controle ; Voor  $d_1 \leq d_0 - 2 * t_0$  :

$$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5}) * ((3 + \sin\theta_1) / 4 * \sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 956,5 \quad \text{kNm}$$

$$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd} = 139,48 / 211,6 = 0,66 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

**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 = voorberekte V-las

Materiaal - S 355 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	5,15
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,15	21,55
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	5,61
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,82	21,77
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	5,12
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	<b>60,79</b>	<b>113,65</b>	<b>21,52</b>

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

Per clip :	<b>30,39</b>	<b>56,83</b>	<b>21,52</b>
------------	--------------	--------------	--------------

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip:  $F_{Ed,max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5} = 57,6 \text{ kN}$   
 $\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 51 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm <sup>2</sup>	$N_{Rd} = A * f_y =$	663	kN
$W_z =$	6,53E+04	mm <sup>3</sup>	$M_{z,Rd} = W_z * f_y =$	15,5	kNm
$W_x =$	9,33E+03	mm <sup>3</sup>	$M_{x,Rd} = W_x * f_y =$	2,2	kNm
			$V_{Rd} = A * f_y / 3^{0,5} =$	382,6	kN
$N_{Ed} =$	56,83	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h =$	2,28	kNm
$V_{z,Ed} =$	21,52	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h =$	1,61	kNm
$V_{x,Ed} =$	30,39	kN			

Trace' VHZ - BWK

$N_{Ed} / N_{Rd} =$	56,83 / 663 =	0,09	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_N =$	20,3	N/mm <sup>2</sup>
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd} =$	2,28 / 15,5 =	0,15	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,z} =$	34,9	N/mm <sup>2</sup>
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd} =$	1,61 / 2,2 =	0,73	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,x} =$	172,9	N/mm <sup>2</sup>
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$	21,52 / 383 /	0,06	< 1,0 -- Voldoet
	$\tau_z =$	7,7	N/mm <sup>2</sup>
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd} =$	30,39 / 383 /	0,08	< 1,0 -- Voldoet
	$\tau_x =$	10,9	N/mm <sup>2</sup>

Maximale spanning

$$\sigma_{max} = 228,1 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{max}^2 + 3*\tau_x^2 + 3*\tau_z^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 229 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

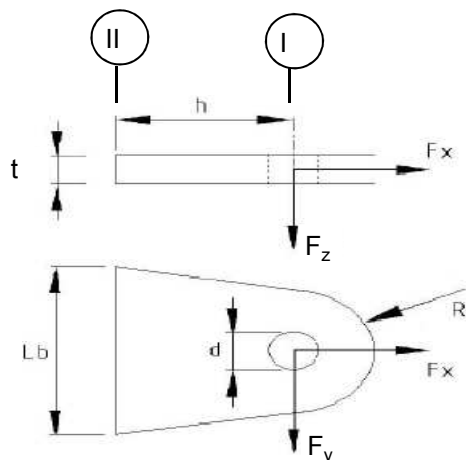
$$\gamma_M = 1,25 ; \gamma_{m,extra} = 1,5 \text{ (extra materiaalfactor)}$$

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

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

Lassen : Rondom voorberewkte 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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

	$F_{x,Ed}$ 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:  $F_{Ed,max} = 0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} = 100,0 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 60 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa} \text{ -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm <sup>2</sup>	$N_{Rd} = A * f_y =$	521	kN
$W_y =$	4,03E+04	mm <sup>3</sup>	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	9,5	kNm
$W_z =$	7,33E+03	mm <sup>3</sup>	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	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			

Trace' VHZ - BWK

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} / N_{Rd} &= 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_N &= 32,1 \text{ N/mm}^2 \\
 M_{y,Ed} / M_{y,Rd} &= 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_{b,y} &= 96,4 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{z,Ed} / V_{z,Rd} &= 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \tau_y &= 32,1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximale buigspanning

$$\sigma_{b,max} = \{ 32,1 + 96,4 \} = 128,6 \text{ N/mm}^2$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{b,max}^2 + 3 * \tau_y^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 140 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= 0,00 \text{ kN} & M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h &= 5,500 \text{ kNm} \\
 V_{y,Ed} &= 100,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{y,Ed} / M_{y,Rd} &= 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \sigma_{b,y} &= 136,4 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{z,Ed} / V_{z,Rd} &= 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet} \\
 \tau_y &= 45,5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ( \sigma_{b,max}^2 + 3 * \tau_y^2 )^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 157 \text{ N/mm}^2 < 230 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las.**

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

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 <sub>i</sub> / h <sub>i</sub> (mm)	t <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwaliteit	f <sub>y</sub>	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
0	2716,3	32,0	269859	S355	355	178989953
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,04 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,04$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 1128,0 \text{ kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 41892,1 \text{ kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,67 \quad \text{of} \quad n_p = -0,648$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)}$$

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

$$k_p = 0,66$$

$$N_{1,Rd} = 812,2 \text{ kN} \quad \text{--->} \quad > N_{1,Ed} ; \text{ voldoet}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 70,71 / 812,2 = 0,09 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 89,3 \text{ kNm} \quad \text{--->} \quad > M_{1,Ed} ; \text{ voldoet}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 3,89 / 89,3 = 0,04 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Pons controle

$$\sigma_{max,t_i} = ( N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el} ) * t_i \leq \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

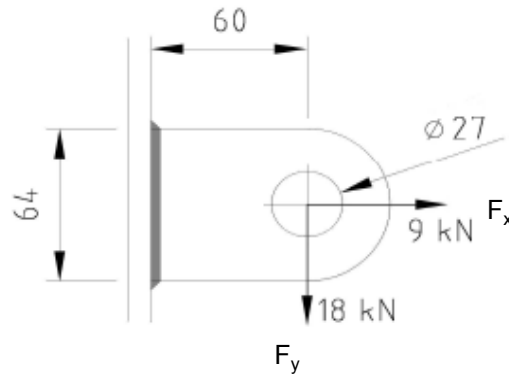
$$N_{1,Ed} = 70,71 \text{ kN} ; \quad M_{1,Ed} = 3,889 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max,t_i} = \frac{2571 \text{ N/mm}'}{8745 \text{ N/mm}'} \text{ ---> voldoet}$$

**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 ;  $f_y = 355 / 1,5 = 236,7 \text{ N/mm}^2$

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip:  $F_{Ed,max} = (F_{y,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)^{0,5} = 20,1 \text{ kN}$

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

$\tau = F_{Ed,max} / (2 * (t * (R - d/2))) = 27 \text{ N/mm}^2 < 137 \text{ MPa -- Voldoet}$

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm <sup>2</sup>	$N_{Rd} = A * f_y =$	303	kN
$W_y =$	1,37E+04	mm <sup>3</sup>	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	3,2	kNm
$W_z =$	4,27E+03	mm <sup>3</sup>	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	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			

$N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_N = 7,0 \text{ N/mm}^2$

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\sigma_{b,y} = 79,1 \text{ N/mm}^2$

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$   
 $\tau_y = 14,1 \text{ N/mm}^2$

Maximale buigspanning

$$\sigma_{b,max} = \{ 7,0 + 79,1 \} = 86,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vlg} = (\sigma_{b,max}^2 + 3 \cdot \tau_y^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{vlg} = 90 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

**Controle spanningen in las:**

Toetsing regel :

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

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

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

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

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 302 \text{ N/mm}^2$$

$$0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 245 \text{ N/mm}^2$$

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$$a = 5 \text{ mm} \quad t = 20 \text{ mm}$$

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

$$\tau_2 = \tau_{max} \cdot t / (2 \cdot a)$$

$$\sigma_1 = 121,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 121,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} = 248,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 248,4 / 302,2 = 0,82 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_1 \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 121,8 / 244,8 = 0,50 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

### 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 <sup>2</sup> )	kwaliteit	$f_y$	$W_b$ (mm <sup>3</sup> )
0	1589,8	28,0	137386	S355	355	52715966
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,04 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,04$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 355,1 \text{ kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 11445,1 \text{ kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,62 \quad \text{of} \quad n_p = -0,604$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \text{ (trek)}$$

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

$$k_p = 0,70$$

$$N_{1,Rd} = 655,4 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 9,00 / 655,4 = 0,01 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 41,9 \text{ kNm}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 1,08 / 41,9 = 0,03 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

Pons controle

$$\sigma_{\max,t_i} = ( N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el} ) * t_i \leq \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Ed} = 9,00 \text{ kN} ; \quad M_{1,Ed} = 1,080 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{l} \sigma_{\max,t_i} = 1723 \text{ N/mm}' \\ \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} = 7652 \text{ N/mm}' \end{array} \quad \text{---> voldoet}$$

**Clip op 64,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)**

buis/plaat	d <sub>i</sub> / h <sub>i</sub> (mm)	t <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	kwaliteit	f <sub>y</sub>	W <sub>b</sub> (mm <sup>3</sup> )
0	569,0	18,0	31158	S355	355	4160559
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$$N_{i,Rd} = \{ (5 * k_p * f_{y0} * t_0^2) * (1 + 0,25 * \eta) \} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd} ; \quad M_{op,i,Rd} = 0$$

Toepassingsgebied:

$$\eta = h_i / d_0 \leq 4 \quad h_i / d_0 = 0,11 \quad \text{voldoet}$$

$$\gamma_{M5} = 1,50 \quad (\text{extra materiaalfactor})$$

$$\eta = h_i / d_0 = 0,11$$

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

$$\left. \begin{array}{l} N_{0,Ed} = 36,9 \quad \text{kN} \quad \text{drukkracht} \\ M_{0,Ed} = 567,9 \quad \text{kNm} \end{array} \right\} \text{ t.g.v. max. belasting}$$

$$n_p = 0,39 \quad \text{of} \quad n_p = -0,381$$

$$k_p = 1,0 \quad , \text{ voor } n_p \leq 0 \quad (\text{trek})$$

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

$$k_p = 0,84$$

$$N_{1,Rd} = 330,5 \quad \text{kN}$$

$$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} = 9,00 / 330,5 = 0,03 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

$$M_{op,i,Rd} = 21,2 \quad \text{kNm}$$

$$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} = 1,08 / 21,2 = 0,05 < 1,0 \quad \text{-- Voldoet}$$

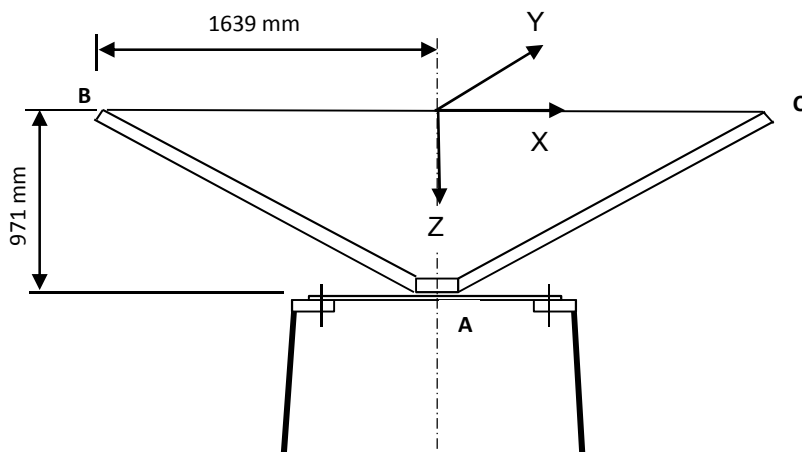
Pons controle

$$\sigma_{\max,t_i} = ( N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el} ) * t_i \leq \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Ed} = 9,00 \quad \text{kN} ; \quad M_{1,Ed} = 1,080 \quad \text{kNm}$$

$$\sigma_{\max,t_i} = \begin{array}{l} 1723 \quad \text{N/mm}' \\ \{ ( f_{y,0} / 3^{0,5} ) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} = 4919 \quad \text{N/mm}' \quad \text{---> voldoet} \end{array}$$

**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

Staal kwaliteit S-355;  $f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup>

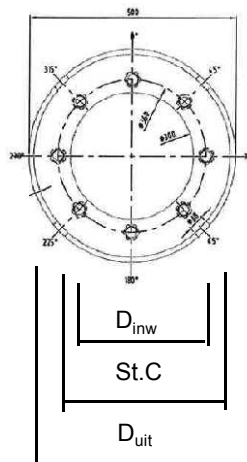
Aantal bouten 8

Bouten M24 - 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

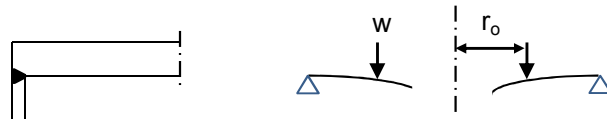
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd} =$	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

**Controle ring :**

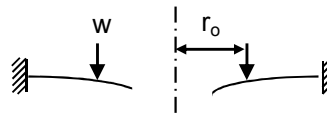
maatgevend belastinggeval : BG2.

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	$v =$	0,3	
$w_{(r_o)} =$	31	N/mm'	$E =$	210000	N/mm <sup>2</sup>
$a =$	250	mm	$f_y =$	237	N/mm <sup>2</sup>
$b =$	150	mm			
$r_o =$	180	mm			

$$D = E.t^3 / 12.(1-v^2) = 519230769$$

$$C_1 = 0,5.(1+v).(b/a).ln(a/b) + 0,25.(1-v).(a/b)-(b/a) = 0,3859$$

$$C_4 = 0,5.[(1+v).(b/a) + (1-v).(a/b)] = 0,9733$$

$$C_7 = 0,5.(1-v^2).(a/b)-(b/a) = 0,4853$$

$$L_3 = (r_o/4a).{[(r_o/a)^2+1].ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 - 1} = 0,0031$$

$$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 - 1 + 2.ln(a/r_o)] = 0,0316$$

$$L_9 = (r_o/a).{0,5*(1+v).ln(a/r_o) + 0,25*(1-v).[1 - (r_o/a)^2]} = 0,2144$$

$$F_7 = 0,5.(1-v^2).(r/b)-(b/r) ; \text{ en voor } r = r_o = 0,1668$$

$$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D . C_4 = 0,0001$$

$$M_{ra} = \text{percentage inkl.} * w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4) = 922 \text{ Nmm/mm'}$$

$$Q_a = w \cdot r_o / a = 22 \text{ N/mm'}$$

Ten gevolge van moment ;  $M_{y,Ed} = 71,93 \text{ kNm}$

$$w = F_{\text{bout,max}} / (2 \cdot \pi \cdot r_o / n_{\text{bout}})$$

$$w = (4 \cdot M_{y,Ed} \cdot 1000 / (360 \cdot 8)) / (2\pi \cdot 180 / 8) = 707 \text{ N/mm'}$$

$$M_{ra} = \text{percentage inkl.} \cdot w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4) = 21060 \text{ Nmm/mm'}$$

$$M_{ra,\text{max},Ed} = 21982 \text{ Nmm/mm'}$$

$$Q_a = w \cdot r_o / a = 509 \text{ N/mm'}$$

$$Q_{a\text{max}} = 531$$

$$M_{Rd} = (1/6) \cdot 1 \cdot t^2 \cdot f_y = 35500 \text{ Nmm/mm'}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_b = 146,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_z = w_{\text{tot}} / t = 531 / 30 = 17,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = (\sigma_{b,\text{max}}^2 + 3 \cdot \tau_z^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{\text{vlg}} = 150 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ MPa -- Voldoet}$$

### Controle spanning in de buis

Buis Ø500 \* 18 - S355 ;

$$A = 27256 \text{ mm}^2 \quad N_{Ed} = A \cdot f_y = 9676 \text{ kN}$$

$$W_y = W_z = 3,17E+06 \text{ mm}^3 \quad M_{y,Ed} = W_y \cdot f_y = 1125,6 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 35 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 71,93 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_N = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 \text{ -- Voldoet}$$

$$\sigma_{b,y} = 22,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

### Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

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

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

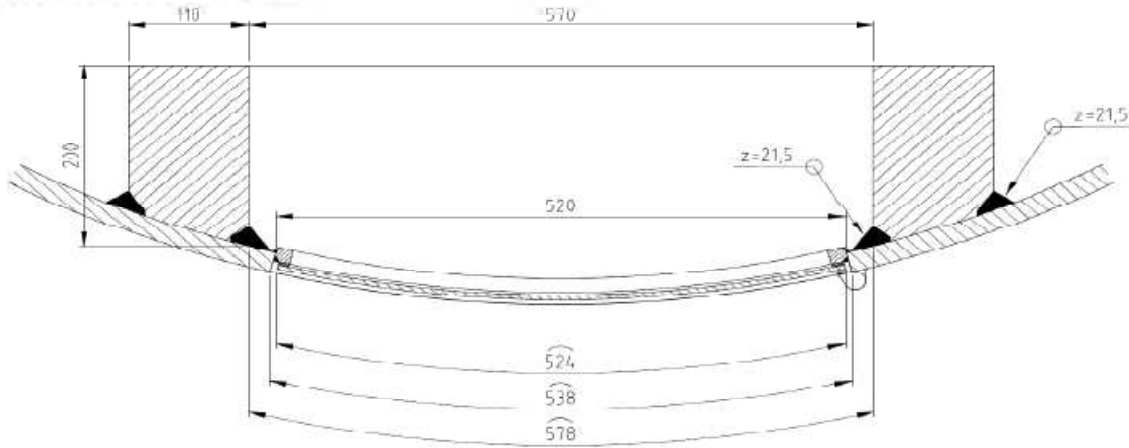
$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 302 \text{ N/mm}^2 \quad 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 245 \text{ N/mm}^2$$

Lassen : Rondom voorberewte V- las met volledige doorsnede doorlassen



**9.7 - Berekening versterking deur**

Geometrie versterking deur



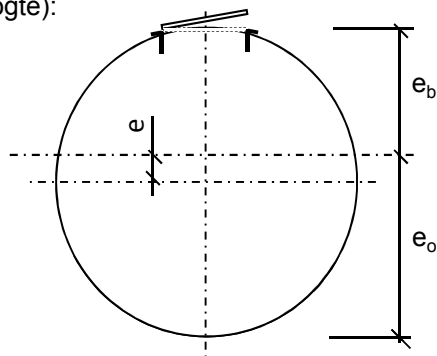
Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):

Buisdiameter : 2692 mm  
dikte t ; 32 mm

$A_{buis} = 267430 \text{ mm}^2$   
 $A_{versterking} = 40756 \text{ mm}^2$   
 $A_{verlies} = 16546 \text{ mm}^2$   
 $A_{tot} = 291639 \text{ mm}^2$

$e = 89,3 \text{ mm}$   
 $e_b = 1256,8 \text{ mm}$  ;  $e_o = 1435,4 \text{ mm}$

$I_{tot} = 2,62E+11 \text{ mm}^4$   
 $W_{min} = 1,82E+08 \text{ mm}^3$   
 $W_{max} = 2,08E+08 \text{ mm}^3$



Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2<sup>e</sup> orde effect)

$M_{Ed} = 42292 \text{ kNm}$  ;  $N_{Ed} = 1128 \text{ kN}$

$\sigma_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,9 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_b = M_{Ed} / W_{min} = 231,9 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{max} = 3,9 + 231,9 = 235,8 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ MPa -- Voldoet}$

## **Bijlage A**

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AM, AM1 en AM2

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Appendix AM

**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]
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20535	70457	137541	20535	70457	-137541
	380C1F2 / 380C2F2	20567	69654	136873	20567	69654	-136873
	380C1F3 / 380C2F3	20605	68667	136107	20605	68667	-136107
	GW / opgw	2662	9796	18589	2662	9796	-18589
	Comp. gl	5578	18864	37162			
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21292	72977	153790	21292	72977	-153790
	380C1F2 / 380C2F2	21293	72878	153790	21293	72878	-153790
	380C1F3 / 380C2F3	21296	72754	153794	21296	72754	-153794
	GW / opgw	2774	9509	19910	2774	9509	-19910
	Comp. gl	5746	19348	40834			
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35343	104308	216117	35343	104308	-216117
	380C1F2 / 380C2F2	35350	104016	216079	35350	104016	-216079
	380C1F3 / 380C2F3	35357	103650	216048	35357	103650	-216048
	GW / opgw	10767	26780	54943	10767	26780	-54943
	Comp. gl	21759	53218	110749			
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24366	73760	155468	24366	73760	-155468
	380C1F2 / 380C2F2	24367	73665	155476	24367	73665	-155476
	380C1F3 / 380C2F3	24369	73546	155489	24369	73546	-155489
	GW / opgw	3606	10784	22642	3606	10784	-22642
	Comp. gl	7412	21973	46464			
<b>6</b> Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115			
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
	380C1F2 / 380C2F2	20676	66676	134801	18849	124298	-204724
	380C1F3 / 380C2F3	20694	66130	134514	19025	115903	-193407
	GW / opgw	2690	9102	17936	2393	21512	-34167
	Comp. gl	5606	18081	36618			
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21299	72551	153812	21031	79758	-157648
	380C1F2 / 380C2F2	21299	72490	153820	21069	78952	-156960
	380C1F3 / 380C2F3	21300	72414	153833	21114	77961	-156170
	GW / opgw	2776	9428	19903	2717	10900	-20986
	Comp. gl	5747	19246	40842			
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
	380C1F2 / 380C2F2	35371	102877	216046	34616	122818	-228850
	380C1F3 / 380C2F3	35374	102654	216063	34753	119723	-225945
	GW / opgw	10774	26383	54949	10537	33112	-58712
	Comp. gl	21766	52709	110823			
<b>4</b> Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24371	73349	155521	24179	79984	-158123
	380C1F2 / 380C2F2	24371	73290	155533	24207	79259	-157612
	380C1F3 / 380C2F3	24372	73215	155550	24240	78367	-157033
	GW / opgw	3607	10709	22648	3568	11965	-23268
	Comp. gl	7413	21876	46482			
<b>1a</b> Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
	380C1F2 / 380C2F2	18960	118865	197393	18960	118865	-197393
	380C1F3 / 380C2F3	19137	111112	186984	19137	111112	-186984
	GW / opgw	2405	20427	32676	2405	20427	-32676
	Comp. gl	5154	31950	53370			
<b>1b</b> Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21065	79033	157027	21065	79033	-157027
	380C1F2 / 380C2F2	21099	78306	156438	21099	78306	-156438
	380C1F3 / 380C2F3	21139	77413	155764	21139	77413	-155764
	GW / opgw	2724	10748	20826	2724	10748	-20826
	Comp. gl	5698	20776	41529			
<b>3</b> Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
	380C1F2 / 380C2F2	34705	120802	226938	34705	120802	-226938
	380C1F3 / 380C2F3	34828	118007	224416	34828	118007	-224416
	GW / opgw	10564	32447	58144	10564	32447	-58144
	Comp. gl	21553	60006	113147			
<b>4</b>	380C1F1 / 380C2F1	24204	79332	157662	24204	79332	-157662

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Appendix AM

**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]
Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24228	78678	157228	24228	78678	-157228
	380C1F3 / 380C2F3	24257	77871	156739	24257	77871	-156739
	GW / opgw	3573	11840	23166	3573	11840	-23166
	Comp. gl	7381	23236	46801			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18727	130892	213646	20662	67118	-135058
	380C1F2 / 380C2F2	18849	124298	204724	20676	66676	-134801
	380C1F3 / 380C2F3	19025	115903	193407	20694	66130	-134514
	GW / opgw	2393	21512	34167	2690	9102	-17936
Comp. gl	5123	33407	55358				
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21031	79758	157648	21299	72551	-153812
	380C1F2 / 380C2F2	21069	78952	156960	21299	72490	-153820
	380C1F3 / 380C2F3	21114	77961	156170	21300	72414	-153833
	GW / opgw	2717	10900	20986	2776	9428	-19903
Comp. gl	5691	20946	41666				
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34506	125330	231326	35368	103053	-216039
	380C1F2 / 380C2F2	34616	122818	228850	35371	102877	-216046
	380C1F3 / 380C2F3	34753	119723	225945	35374	102654	-216063
	GW / opgw	10537	33112	58712	10774	26383	-54949
Comp. gl	21522	60787	113655				
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24179	79984	158123	24371	73349	-155521
	380C1F2 / 380C2F2	24207	79259	157612	24371	73290	-155533
	380C1F3 / 380C2F3	24240	78367	157033	24372	73215	-155550
	GW / opgw	3568	11965	23268	3607	10709	-22648
Comp. gl	7376	23380	46883				
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15422	58488	111876	15422	58488	-111876
	380C1F2 / 380C2F2	15461	57534	110885	15461	57534	-110885
	380C1F3 / 380C2F3	15509	56365	109729	15509	56365	-109729
	GW / opgw	1988	8291	15363	1988	8291	-15363
Comp. gl	4191	15495	29938				
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16205	59272	124401	16205	59272	-124401
	380C1F2 / 380C2F2	16208	59166	124383	16208	59166	-124383
	380C1F3 / 380C2F3	16211	59032	124367	16211	59032	-124367
	GW / opgw	2106	7664	15952	2106	7664	-15952
Comp. gl	4364	15551	32691				
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30398	93212	192322	30398	93212	-192322
	380C1F2 / 380C2F2	30406	92905	192253	30406	92905	-192253
	380C1F3 / 380C2F3	30415	92522	192185	30415	92522	-192185
	GW / opgw	10139	25649	52518	10139	25649	-52518
Comp. gl	20458	50870	105713				
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19350	61249	128638	19350	61249	-128638
	380C1F2 / 380C2F2	19352	61149	128635	19352	61149	-128635
	380C1F3 / 380C2F3	19354	61024	128636	19354	61024	-128636
	GW / opgw	2951	9163	19166	2951	9163	-19166
Comp. gl	6056	18625	39283				
6 Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
Comp. gl	4257	13367	28666				
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15582	54545	108098	13806	126006	-203173
	380C1F2 / 380C2F2	15602	54030	107684	13890	119001	-193370
	380C1F3 / 380C2F3	15625	53398	107212	14016	110000	-180753
	GW / opgw	2021	7466	14428	1768	21037	-33148
Comp. gl	4227	14575	29100				
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16215	58815	124356	15857	67190	-130698
	380C1F2 / 380C2F2	16216	58751	124357	15905	66222	-129664
	380C1F3 / 380C2F3	16217	58671	124361	15964	65038	-128458
	GW / opgw	2108	7575	15928	2034	9312	-17581
Comp. gl	4366	15442	32684				
3 Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30428	91900	192122	29451	116087	-211509
	380C1F2 / 380C2F2	30432	91717	192115	29570	113337	-208524

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Appendix AM

**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]
Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30436	91487	192116	29719	109946	-204983
	GW / opgw	10146	25246	52512	9897	32170	-56692
	Comp. gl	20465	50355	105775			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19357	60818	128650	19112	68193	-132842
	380C1F2 / 380C2F2	19357	60757	128657	19147	67364	-132104
	380C1F3 / 380C2F3	19358	60680	128669	19188	66345	-131256
	GW / opgw	2953	9084	19164	2906	10470	-20062
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	Comp. gl	6057	18525	39295			
	380C1F1 / 380C2F1	13881	119720	194377	13881	119720	-194377
	380C1F2 / 380C2F2	13969	113188	185223	13969	113188	-185223
	380C1F3 / 380C2F3	14100	104813	173480	14100	104813	-173480
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1776	19912	31571	1776	19912	-31571
	Comp. gl	3796	30324	49885			
	380C1F1 / 380C2F1	15900	66320	129767	15900	66320	-129767
	380C1F2 / 380C2F2	15943	65450	128869	15943	65450	-128869
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15996	64385	127826	15996	64385	-127826
	GW / opgw	2042	9129	17355	2042	9129	-17355
	Comp. gl	4299	17201	33862			
	380C1F1 / 380C2F1	29558	113615	208821	29558	113615	-208821
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29667	111128	206198	29667	111128	-206198
	380C1F3 / 380C2F3	29802	108065	203101	29802	108065	-203101
	GW / opgw	9924	31483	56078	9924	31483	-56078
	Comp. gl	20237	57832	108487			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19143	67447	132177	19143	67447	-132177
	380C1F2 / 380C2F2	19174	66700	131543	19174	66700	-131543
	380C1F3 / 380C2F3	19210	65782	130817	19210	65782	-130817
	GW / opgw	2911	10328	19925	2911	10328	-19925
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	Comp. gl	6017	19993	39846			
	380C1F1 / 380C2F1	13806	126006	203173	15582	54545	-108098
	380C1F2 / 380C2F2	13890	119001	193370	15602	54030	-107684
	380C1F3 / 380C2F3	14016	110000	180753	15625	53398	-107212
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1768	21037	33148	2021	7466	-14428
	Comp. gl	3774	31888	52102			
	380C1F1 / 380C2F1	15857	67190	130698	16215	58815	-124356
	380C1F2 / 380C2F2	15905	66222	129664	16216	58751	-124357
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15964	65038	128458	16217	58671	-124361
	GW / opgw	2034	9312	17581	2108	7575	-15928
	Comp. gl	4290	17404	34071			
	380C1F1 / 380C2F1	29451	116087	211509	30428	91900	-192122
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29570	113337	208524	30432	91717	-192115
	380C1F3 / 380C2F3	29719	109946	204983	30436	91487	-192116
	GW / opgw	9897	32170	56692	10146	25246	-52512
	Comp. gl	20205	58639	109050			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19112	68193	132842	19357	60818	-128650
	380C1F2 / 380C2F2	19147	67364	132104	19357	60757	-128657
	380C1F3 / 380C2F3	19188	66345	131256	19358	60680	-128669
	GW / opgw	2906	10470	20062	2953	9084	-19164
0	Comp. gl	6011	20153	39963			

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM 1

**Loadcases for tower strength (special limit state)**

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20699	65977	134441	20699	65977	-134441
	380C1F2 / 380C2F2	20708	65654	134296	20708	65654	-134296
	380C1F3 / 380C2F3	20720	65253	134139	20720	65253	-134139
	GW / opgw	2698	8869	17762	2698	8869	-17762
	Comp. gl	5614	17812	36486			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21296	72727	153795	21296	72727	-153795
	380C1F2 / 380C2F2	21297	72651	153801	21297	72651	-153801
	380C1F3 / 380C2F3	21299	72555	153811	21299	72555	-153811
	GW / opgw	2775	9462	19904	2775	9462	-19904
	Comp. gl	5747	19288	40837			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24217	77768	160718	24217	77768	-160718
	380C1F2 / 380C2F2	24223	77516	160650	24223	77516	-160650
	380C1F3 / 380C2F3	24231	77203	160580	24231	77203	-160580
	GW / opgw	4560	14234	28537	4560	14234	-28537
	Comp. gl	9345	28197	57771			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23664	71801	151809	23664	71801	-151809
	380C1F2 / 380C2F2	23665	71727	151819	23665	71727	-151819
	380C1F3 / 380C2F3	23666	71634	151835	23666	71634	-151835
	GW / opgw	3430	10310	21723	3430	10310	-21723
	Comp. gl	7060	21062	44641			
6 Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20736	64612	133945	19712	91430	-161221
	380C1F2 / 380C2F2	20740	64426	133904	19820	88382	-157396
	380C1F3 / 380C2F3	20745	64192	133864	19961	84600	-152759
	GW / opgw	2707	8595	17608	2518	14071	-23956
	Comp. gl	5622	17489	36384			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21300	72397	153836	21124	77744	-156006
	380C1F2 / 380C2F2	21301	72350	153845	21150	77158	-155583
	380C1F3 / 380C2F3	21302	72290	153855	21180	76436	-155104
	GW / opgw	2777	9399	19904	2737	10478	-20559
	Comp. gl	5748	19209	40848			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24242	76696	160509	23415	96871	-177798
	380C1F2 / 380C2F2	24245	76547	160498	23515	94559	-175168
	380C1F3 / 380C2F3	24249	76360	160492	23641	91710	-172042
	GW / opgw	4573	13832	28362	4282	21592	-36479
	Comp. gl	9357	27714	57666			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23668	71479	151867	23538	76505	-153345
	380C1F2 / 380C2F2	23668	71433	151878	23557	75966	-153023
	380C1F3 / 380C2F3	23668	71374	151894	23579	75301	-152663
	GW / opgw	3431	10251	21730	3404	11206	-22118
	Comp. gl	7061	20986	44659			
1a Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19809	88691	157780	19809	88691	-157780
	380C1F2 / 380C2F2	19910	85922	154364	19910	85922	-154364

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM 1

**Loadcases for tower strength (special limit state)**

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	20042 2532 5408	82494 13529 23161	150243 23227 41795	20042 2532 5408	82494 13529 23161	-150243 -23227 -41795
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	21147 21170 21196 2742 5716	77217 76688 76036 10368 20350	155624 155265 154860 20456 41220	21147 21170 21196 2742 5716	77217 76688 76036 10368 20350	-155624 -155265 -154860 -20456 -41220
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	23505 23597 23711 4305 9035	94792 92703 90132 20827 35848	175430 173116 170378 35524 64462	23505 23597 23711 4305 9035	94792 92703 90132 20827 35848	-175430 -173116 -170378 -35524 -64462
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	23555 23572 23591 3408 7039	76021 75533 74930 11112 22031	153054 152784 152483 22050 44824	23555 23572 23591 3408 7039	76021 75533 74930 11112 22031	-153054 -152784 -152483 -22050 -44824
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	19712 19820 19961 2518 5384	91430 88382 84600 14071 23813	161221 157396 152759 23956 42604	20736 20740 20745 2707 5384	64612 64426 64192 8595 23813	-133945 -133904 -133864 -17608 -42604
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	21124 21150 21180 2737 5711	77744 77158 76436 10478 20474	156006 155583 155104 20559 41304	21300 21301 21302 2777 5711	72397 72350 72350 9399 20474	-153836 -153845 -153858 -19904 -41304
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	23415 23515 23641 4282 8998	96871 94559 91710 21592 36770	177798 175168 172042 36479 65509	24242 24245 24249 4573 8998	76696 76547 76360 13832 36770	-160509 -160498 -160492 -28362 -65509
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg = 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	23538 23557 23579 3404 7036	76505 75966 75301 11206 22140	153345 153023 152663 22118 44876	23668 23668 23668 3431 7036	71479 71433 71374 10251 22140	-151867 -151878 -151894 -21730 -44876
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	15631 15644 15659 2032 4238	53222 52852 52395 7191 14265	107089 106842 106565 14164 28881	15631 15644 15659 2032 4238	53222 52852 52395 7191 14265	-107089 -106842 -106565 -14164 -28881
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw	16211 16213 16215 2107	59002 58921 58819 7611	124364 124359 124356 15936	16211 16213 16215 2107	59002 58921 58819 7611	-124364 -124359 -124356 -15936

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM 1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4365	15487	32685			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19175	65151	133662	19175	65151	-133662
	380C1F2 / 380C2F2	19184	64874	133539	19184	64874	-133539
	380C1F3 / 380C2F3	19194	64530	133405	19194	64530	-133405
	GW / opgw	3908	12761	25379	3908	12761	-25379
	Comp. gl	7997	25101	51130			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18642	59156	124693	18642	59156	-124693
	380C1F2 / 380C2F2	18644	59079	124696	18644	59079	-124696
	380C1F3 / 380C2F3	18645	58982	124703	18645	58982	-124703
	GW / opgw	2775	8662	18188	2775	8662	-18188
	Comp. gl	5701	17660	37345			
6 Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
	Comp. gl	4257	13367	28666			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15681	51673	106198	14568	82988	-143122
	380C1F2 / 380C2F2	15687	51465	106112	14665	79514	-128382
	380C1F3 / 380C2F3	15694	51208	106019	14797	75160	-132520
	GW / opgw	2043	6874	13917	1855	13161	-22006
	Comp. gl	4249	13902	28691			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16218	58653	124362	15976	64778	-128204
	380C1F2 / 380C2F2	16218	58603	124366	16010	64081	-127542
	380C1F3 / 380C2F3	16219	58541	124374	16051	63227	-126778
	GW / opgw	2109	7544	15925	2057	8805	-16970
	Comp. gl	4366	15403	32687			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19209	63980	133241	18249	87128	-156908
	380C1F2 / 380C2F2	19213	63820	133206	18353	84478	-153553
	380C1F3 / 380C2F3	19218	63620	133173	18488	81196	-149499
	GW / opgw	3923	12329	25138	3623	20729	-34628
	Comp. gl	8011	24589	50965			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18647	58821	124723	18478	64373	-127328
	380C1F2 / 380C2F2	18647	58774	124731	18503	63757	-126843
	380C1F3 / 380C2F3	18648	58713	124742	18531	63001	-126289
	GW / opgw	2775	8600	18190	2742	9652	-18786
	Comp. gl	5702	17581	37358			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14654	79867	138862	14654	79867	-138862
	380C1F2 / 380C2F2	14749	76887	134564	14749	76887	-134564
	380C1F3 / 380C2F3	14877	72714	129275	14877	72714	-129275
	GW / opgw	1866	12565	21161	1866	12565	-21161
	Comp. gl	4006	20558	36214			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16007	64151	127607	16007	64151	-127607
	380C1F2 / 380C2F2	16037	63524	127038	16037	63524	-127038
	380C1F3 / 380C2F3	16073	62756	126383	16073	62756	-126383
	GW / opgw	2063	8673	16820	2063	8673	-16820
	Comp. gl	4322	16695	33383			
3	380C1F1 / 380C2F1	18342	84746	153890	18342	84746	-153890



**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM 1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18440	82341	150900	18440	82341	-150900
	380C1F3 / 380C2F3	18566	79371	147305	18566	79371	-147305
	GW / opgw	3644	19917	33572	3644	19917	-33572
	Comp. gl	7657	33468	59360			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18500	63819	126890	18500	63819	-126890
	380C1F2 / 380C2F2	18522	63265	126476	18522	63265	-126476
	380C1F3 / 380C2F3	18547	62582	126006	18547	62582	-126006
	GW / opgw	2746	9546	18691	2746	9546	-18691
Comp. gl	5674	18707	37694				
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14568	82988	143122	15681	51673	-106198
	380C1F2 / 380C2F2	14665	79514	138382	15687	51465	-106112
	380C1F3 / 380C2F3	14797	75160	132520	15694	51208	-106019
	GW / opgw	1855	13161	22006	2043	6874	-13917
Comp. gl	3984	21310	37236				
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15976	64778	128204	16218	58653	-124362
	380C1F2 / 380C2F2	16010	64081	127542	16218	58603	-124366
	380C1F3 / 380C2F3	16051	63227	126778	16219	58541	-124374
	GW / opgw	2057	8805	16970	2109	7544	-15925
Comp. gl	4316	16842	33515				
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18249	87128	156908	19209	63980	-133241
	380C1F2 / 380C2F2	18353	84478	153553	19213	63820	-133206
	380C1F3 / 380C2F3	18488	81196	149499	19218	63620	-133173
	GW / opgw	3623	20729	34628	3923	12329	-25138
Comp. gl	7620	34471	60580				
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18478	64373	127328	18647	58821	-124723
	380C1F2 / 380C2F2	18503	63757	126843	18647	58774	-124731
	380C1F3 / 380C2F3	18531	63001	126289	18648	58713	-124742
	GW / opgw	2742	9652	18786	2775	8600	-18190
Comp. gl	5670	18828	37772				

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20699	65977	134441	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	20708	65654	134296	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	20720	65253	134139	0	0	0
	GW / opgw	2698	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	5614	17812	36486	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21296	72727	153795	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	21297	72651	153801	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21299	72555	153811	0	0	0
	GW / opgw	2775	9462	19904	0	0	0
	Comp. gl	5747	19288	40837	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24217	77768	160718	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	24223	77516	160650	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	24231	77203	160580	0	0	0
	GW / opgw	4560	14234	28537	0	0	0
	Comp. gl	9345	28197	57771	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23664	71801	151809	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23665	71727	151819	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23666	71634	151835	0	0	0
	GW / opgw	3430	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	7060	21062	44641	0	0	0
6 Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	0	0	0
	GW / opgw	3042	9033	19370	0	0	0
	Comp. gl	6308	18706	40115	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20736	64612	133945	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	20740	64426	133904	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	20745	64192	133864	0	0	0
	GW / opgw	2707	8595	17608	0	0	0
	Comp. gl	5622	17489	36384	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21300	72397	153836	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	21301	72350	153845	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21302	72290	153858	0	0	0
	GW / opgw	2777	9399	19904	0	0	0
	Comp. gl	5748	19209	40848	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24242	76696	160509	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	24245	76547	160498	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	24249	76360	160492	0	0	0
	GW / opgw	4573	13832	28362	0	0	0
	Comp. gl	9357	27714	57666	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23668	71479	151867	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23668	71433	151878	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23668	71374	151894	0	0	0
	GW / opgw	3431	10251	21730	0	0	0
	Comp. gl	7061	20986	44659	0	0	0
1a Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19809	88691	157780	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19910	85922	154364	0	0	0

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20042	82494	150243	0	0	0
	GW / opgw	2532	13529	23227	0	0	0
	Comp. gl	5408	23161	41795	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21147	77217	155624	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	21170	76688	155265	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21196	76036	154860	0	0	0
	GW / opgw	2742	10368	20456	0	0	0
	Comp. gl	5716	20350	41220	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23505	94792	175430	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23597	92703	173116	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23711	90132	170378	0	0	0
	GW / opgw	4305	20827	35524	0	0	0
	Comp. gl	9035	35848	64462	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23555	76021	153054	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23572	75533	152784	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23591	74930	152483	0	0	0
	GW / opgw	3408	11112	22050	0	0	0
	Comp. gl	7039	22031	44824	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19712	91430	161221	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19820	88382	157396	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19961	84600	152759	0	0	0
	GW / opgw	2518	14071	23956	0	0	0
	Comp. gl	5384	23813	42604	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21124	77744	156006	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	21150	77158	155583	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21180	76436	155104	0	0	0
	GW / opgw	2737	10478	20559	0	0	0
	Comp. gl	5711	20474	41304	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23415	96871	177798	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23515	94559	175168	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23641	91710	172042	0	0	0
	GW / opgw	4282	21592	36479	0	0	0
	Comp. gl	8998	36770	65509	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg= 1.2 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23538	76505	153345	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	23557	75966	153023	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	23579	75301	152663	0	0	0
	GW / opgw	3404	11206	22118	0	0	0
	Comp. gl	7036	22140	44876	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15631	53222	107089	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15644	52852	106842	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15659	52395	106565	0	0	0
	GW / opgw	2032	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	4238	14265	28881	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16211	59002	124364	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	16213	58921	124359	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16215	58819	124356	0	0	0
	GW / opgw	2107	7611	15936	0	0	0

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4365	15487	32685	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19175	65151	133662	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19184	64874	133539	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19194	64530	133405	0	0	0
	GW / opgw	3908	12761	25379	0	0	0
	Comp. gl	7997	25101	51130	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18642	59156	124693	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	18644	59079	124696	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18645	58982	124703	0	0	0
	GW / opgw	2775	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	5701	17660	37345	0	0	0
6 Permanent, +10 dgr Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	0	0	0
	GW / opgw	2052	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	4257	13367	28666	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15681	51673	106198	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	15687	51465	106112	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15694	51208	106019	0	0	0
	GW / opgw	2043	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	4249	13902	28691	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16218	58653	124362	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	16218	58603	124366	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16219	58541	124374	0	0	0
	GW / opgw	2109	7544	15925	0	0	0
	Comp. gl	4366	15403	32687	0	0	0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19209	63980	133241	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19213	63820	133206	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19218	63620	133173	0	0	0
	GW / opgw	3923	12329	25138	0	0	0
	Comp. gl	8011	24589	50965	0	0	0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18647	58821	124723	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	18647	58774	124731	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18648	58713	124742	0	0	0
	GW / opgw	2775	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	5702	17581	37358	0	0	0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14654	79867	138862	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	14749	76887	134564	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14877	72714	129275	0	0	0
	GW / opgw	1866	12565	21161	0	0	0
	Comp. gl	4006	20558	36214	0	0	0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16007	64151	127607	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	16037	63524	127038	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16073	62756	126383	0	0	0
	GW / opgw	2063	8673	16820	0	0	0
	Comp. gl	4322	16695	33383	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18342	84746	153890	0	0	0

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Trans verse	Longitudinal	Vertical	Trans verse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	18440 18566 3644 7657	82341 79371 19917 33468	150900 147305 33572 59360	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	18500 18522 18547 2746 5674	63819 63265 62582 9546 18707	126890 126476 126006 18691 37694	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
1a Wind, 10 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	14568 14665 14797 1855 3984	82988 79514 75160 13161 21310	143122 138382 132520 22006 37236	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
1b Wind, -20 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	15976 16010 16051 2057 4316	64778 64081 63227 8805 16842	128204 127542 126778 16970 33515	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	18249 18353 18488 3623 7620	87128 84478 81196 20729 34471	156908 153553 149499 34628 60580	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads yg=0.9 Wind angle: -45 dgr	380C1F1 / 380C2F1 380C1F2 / 380C2F2 380C1F3 / 380C2F3 GW / opgw Comp. gl	18478 18503 18531 2742 5670	64373 63757 63001 9652 18828	127328 126843 126289 18786 37772	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0

**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM2

Loadcases for tower deflection analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a Wind, 10 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17279	58927	117335	17279	58927	-117335
	380C1F2 / 380C2F2	17298	58429	116970	17298	58429	-116970
	380C1F3 / 380C2F3	17320	57816	116556	17320	57816	-116556
	GW / opgw	2244	8041	15633	2244	8041	-15633
	Comp. gl	4688	15792	31671			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17918	63549	134475	17918	63549	-134475
	380C1F2 / 380C2F2	17919	63485	134478	17919	63485	-134478
	380C1F3 / 380C2F3	17920	63404	134485	17920	63404	-134485
	GW / opgw	2332	8213	17291	2332	8213	-17291
	Comp. gl	4828	16750	35482			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27294	84616	176414	27294	84616	-176414
	380C1F2 / 380C2F2	27298	84424	176394	27298	84424	-176394
	380C1F3 / 380C2F3	27303	84182	176378	27303	84182	-176378
	GW / opgw	7709	20637	42599	7709	20637	-42599
	Comp. gl	15603	41147	85989			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 0 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19851	62101	131389	19851	62101	-131389
	380C1F2 / 380C2F2	19852	62039	131376	19852	62039	-131376
	380C1F3 / 380C2F3	19852	61960	131388	19852	61960	-131388
	GW / opgw	2876	8891	18744	2876	8891	-18744
	Comp. gl	5920	18179	38546			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17351	56851	116000	15955	98185	-165875
	380C1F2 / 380C2F2	17360	56574	115867	16063	93713	-159762
	380C1F3 / 380C2F3	17369	56231	115721	16214	88074	-152123
	GW / opgw	2260	7613	15270	2033	15816	-25943
	Comp. gl	4703	15304	31383			
1b Wind, -20 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17921	63272	134504	17768	67816	-136504
	380C1F2 / 380C2F2	17922	63232	134511	17790	67314	-136123
	380C1F3 / 380C2F3	17922	63182	134521	17817	66698	-135690
	GW / opgw	2333	8161	17290	2299	9081	-17880
	Comp. gl	4829	16683	35490			
3 Wind+ice, -5 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27310	83788	176380	26752	98431	-186132
	380C1F2 / 380C2F2	27311	83672	176387	26826	96772	-184515
	380C1F3 / 380C2F3	27313	83525	176400	26917	94733	-182630
	GW / opgw	7714	20369	42597	7548	24967	-45349
	Comp. gl	15608	40805	86033			
4 Construction/maintenance, +5 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 45 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19854	61831	131413	19742	66084	-132785
	380C1F2 / 380C2F2	19854	61792	131422	19759	65625	-132496
	380C1F3 / 380C2F3	19854	61743	131435	19778	65059	-132171
	GW / opgw	2876	8841	18749	2853	9651	-19102
	Comp. gl	5920	18115	38560			
1a Wind, 10 dgr Permanent loads y <sub>g</sub> = 1.0 Wind angle: 90 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16052	94169	160383	16052	94169	-160383
	380C1F2 / 380C2F2	16159	90057	154798	16159	90057	-154798
	380C1F3 / 380C2F3	16308	84886	147853	16308	84886	-147853
	GW / opgw	2045	15061	24882	2045	15061	-24882

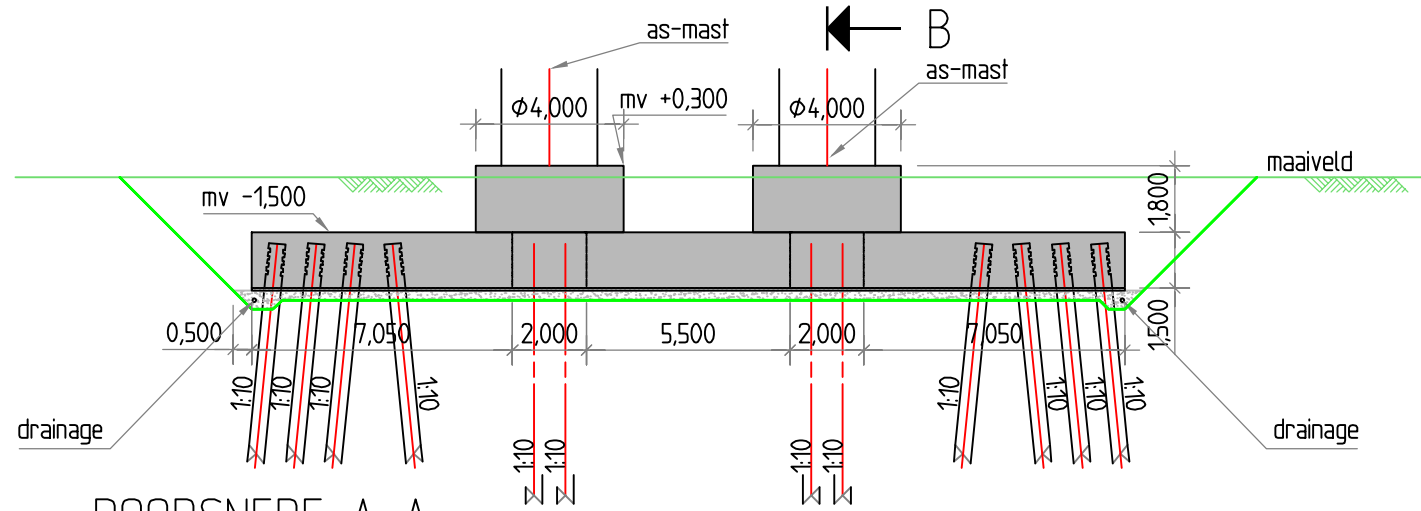
**W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)** Appendix AM2

Loadcases for tower deflection analyses (Servicability limit state)

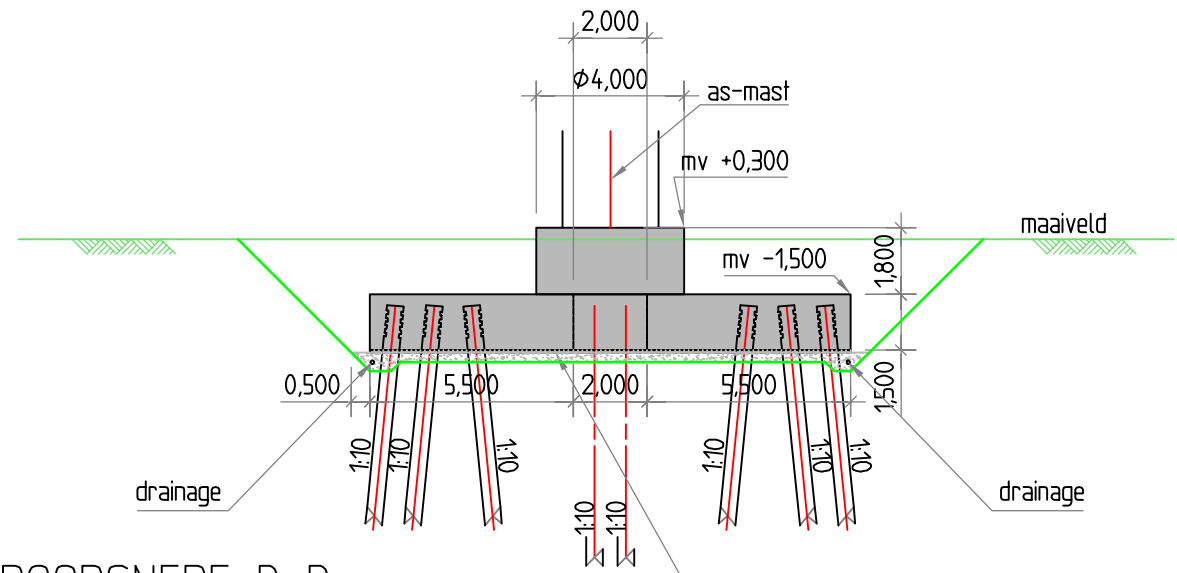
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4391	24164	41725			
<b>1b</b>	380C1F1 / 380C2F1	17788	67365	136160	17788	67365	-136160
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17808	66913	135836	17808	66913	-135836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17831	66356	135469	17831	66356	-135469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2303	8986	17789	2303	8986	-17789
	Comp. gl	4801	17651	35835			
<b>3</b>	380C1F1 / 380C2F1	26819	96939	184675	26819	96939	-184675
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26886	95443	183272	26886	95443	-183272
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26966	93605	181644	26966	93605	-181644
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7567	24507	44936	7567	24507	-44936
	Comp. gl	15461	45750	87759			
<b>4</b>	380C1F1 / 380C2F1	19757	65672	132524	19757	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19771	65257	132280	19771	65257	-132280
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19788	64744	132008	19788	64744	-132008
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2856	9570	19041	2856	9570	-19041
	Comp. gl	5901	18997	38721			
<b>1a</b>	380C1F1 / 380C2F1	15955	98185	165875	17351	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16063	93713	159762	17360	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16214	89074	152123	17369	56231	-115721
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2033	15816	25943	2260	7613	-15270
	Comp. gl	4365	25140	43060			
<b>1b</b>	380C1F1 / 380C2F1	17768	67816	136504	17921	63272	-134504
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17790	67314	136123	17922	63232	-134511
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17817	66698	135690	17922	63182	-134521
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2299	9081	17880	2333	8161	-17290
	Comp. gl	4797	17757	35910			
<b>3</b>	380C1F1 / 380C2F1	26752	98431	186132	27310	83788	-176380
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26826	96772	184515	27311	83672	-176387
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26917	94733	182630	27313	83525	-176400
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7548	24967	45349	7714	20369	-42597
	Comp. gl	15439	46283	88127			
<b>4</b>	380C1F1 / 380C2F1	19742	66084	132785	19854	61831	-131413
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19759	65625	132496	19854	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19778	65059	132171	19854	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2853	9651	19102	2876	8841	-18749
	Comp. gl	5899	19090	38768			

Bijlage 7  
Mastfundatie type C



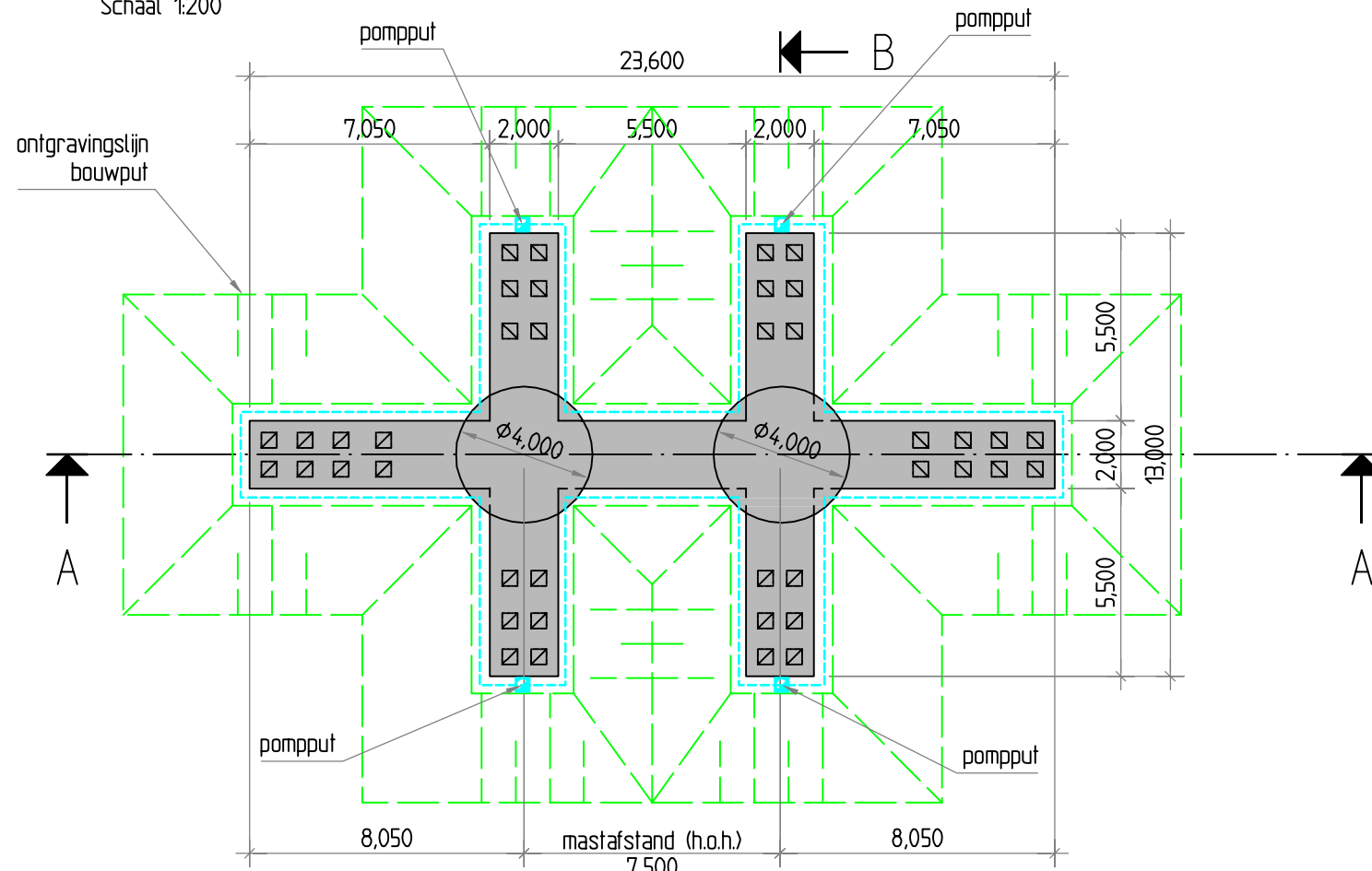


DOORSNEDE A-A  
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B  
Schaal 1:200

werkvloer ca. 70mm  
goed drainerend zand ca. 250mm



BOVENAANZICHT  
Schaal 1:200

**OPMERKINGEN:**

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type C = 14 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;

- Betonkwaliteit onderbalk C28/35, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

wijzigingen rev. 02:

Ontgravingsprofiel aangepast, werkvloer, zandbed, drainage en pompputten toegevoegd.  
Aantal aangepast (mast 126 heeft nu ook funderingstype C gekregen).

Combining Knowledge and Experience

Randstad 380kV Noordring

P. de Jager  
Controleur

A. Hogenboom  
Vrijgegeven door

Omschrijving:	Definitief Ontwerp	03		
	Mastfundaties	02	Ontgravingen en voorz.	04-10-2013 R.G.J. caspers
	Mastfundatie type C	01	AFW-0050: mastafstand	06-09-2013 R.G.J. Caspers
	Rev.	Wijziging	Datum	Naam

Projekt:	Randstad 380kV Noordring	Schaal:	1:100	Formaat:	A3
		Naam:	R.G.J. Caspers	Datum:	19-07-2013

Tekeningnummer: R3N-TEK-0021 blad 001

AutoCAD filename: Sysnr:



Bijlage 8a  
Constructieberekening mastfundaties  
type C



## Constructieberekening mastfundatie type C

**Project:**  
Randstad 380 kV Noordring

**Opdrachtgever:**  
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Tweede uitgave
02	02-10-2013	T.b.v. 3 <sup>e</sup> uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0005

<i>Opsteller</i> A.L.A. van Noort Constructeur	<i>Controleur</i> P. de Jager Ontwerpmanager	<i>Vrijgever</i> Arjan Hogenboom Project Manager
--	--	--



## Distributie

<b>Naam</b>	<b>Bedrijf</b>
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael Desmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

## Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	4
1.1. Overzicht verschillende typen .....	4
1.1.1. Fundatietype A .....	5
1.1.2. Fundatietype B .....	5
1.1.3. Fundatietype C .....	6
1.1.4. Fundatietype D .....	6
1.1.5. Fundatietype F .....	7
1.2. Mastbeeld bij fundatie type C .....	8
1.3. Gerelateerde documenten .....	8
1.4. Openstaande punten .....	9
1.5. Revisiebeheer .....	9
2. Uitgangspunten en eisen .....	11
2.1. Uitgangspunten .....	11
2.2. Gehanteerde normen .....	11
2.3. Eisen .....	11
2.4. Vermoeiing .....	11
2.5. Materiaalgegevens .....	11
2.5.1. Betonkwaliteiten .....	11
2.5.2. Milieuklasse .....	12
2.5.3. Betondekking .....	12
2.5.4. Staalkwaliteiten .....	12
2.6. Veerconstante funderingspalen .....	12
3. Berekening poer type C .....	15
3.1. Geometrie .....	15
3.2. Belastingen en belastingcombinaties .....	15
3.2.1. Belastingfactoren .....	15
3.2.2. Belastinggevallen .....	16
3.2.3. Belastingcombinaties .....	18
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing .....	20
4. Verbinding mast-fundering .....	23
4.1. Berekening fundering .....	23
5. Bijlagen .....	24
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1) .....	25
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige E-waarde (model 2) .....	26

## 1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptraçé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft poer C. Een overzicht van de verschillende poertypen is gegeven is de ontwerpbasis R3N-OWR-0001.

### 1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.

De verschillen komen voort uit:

- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV),
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast,
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m,
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

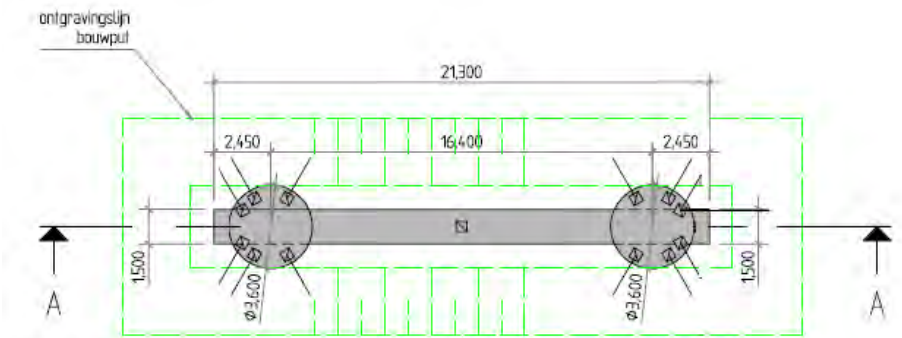
Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaald. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

De fundatietypen zijn hieronder weergegeven.

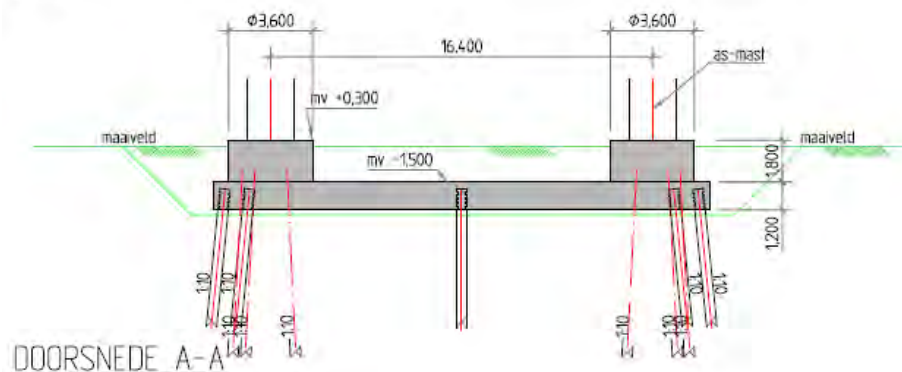
### 1.1.1. FUNDATIETYPEN A

Toegepast bij masttype:

- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



**BOVENAANZICHT**  
Schaal 1200



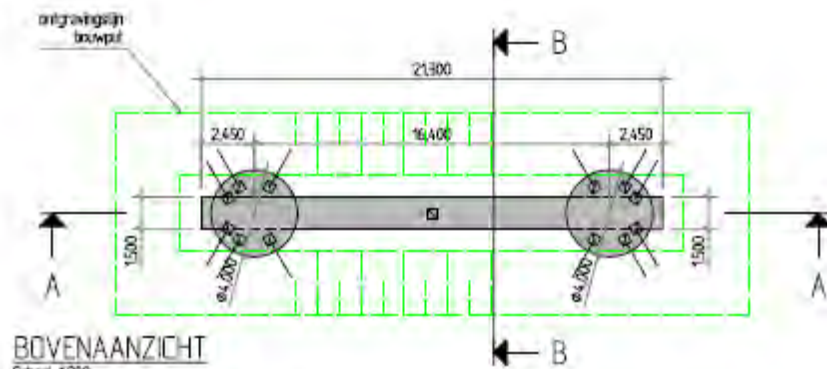
**DOORSNEDE A-A**  
Schaal 1200

### 1.1.2. FUNDATIETYPEN B

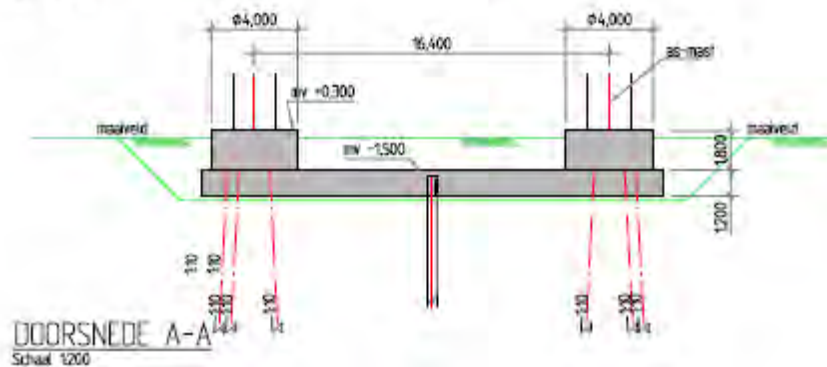
Toegepast bij masttype:

- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

Opm: verschil met type A is diameter opstort.



**BOVENAANZICHT**  
Schaal 1200

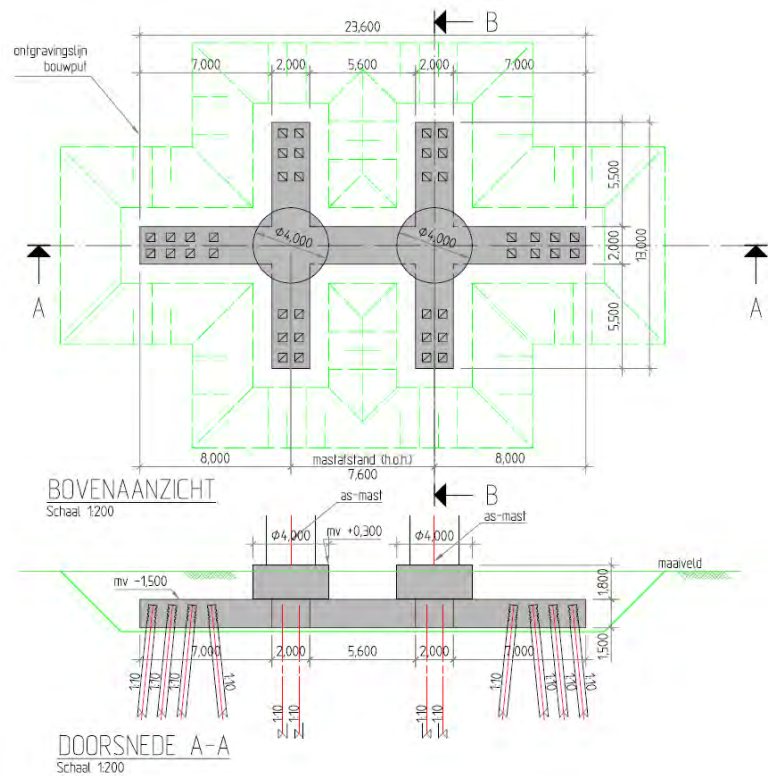


**DOORSNEDE A-A**  
Schaal 1200

### 1.1.3. FUNDATIETYPEN C

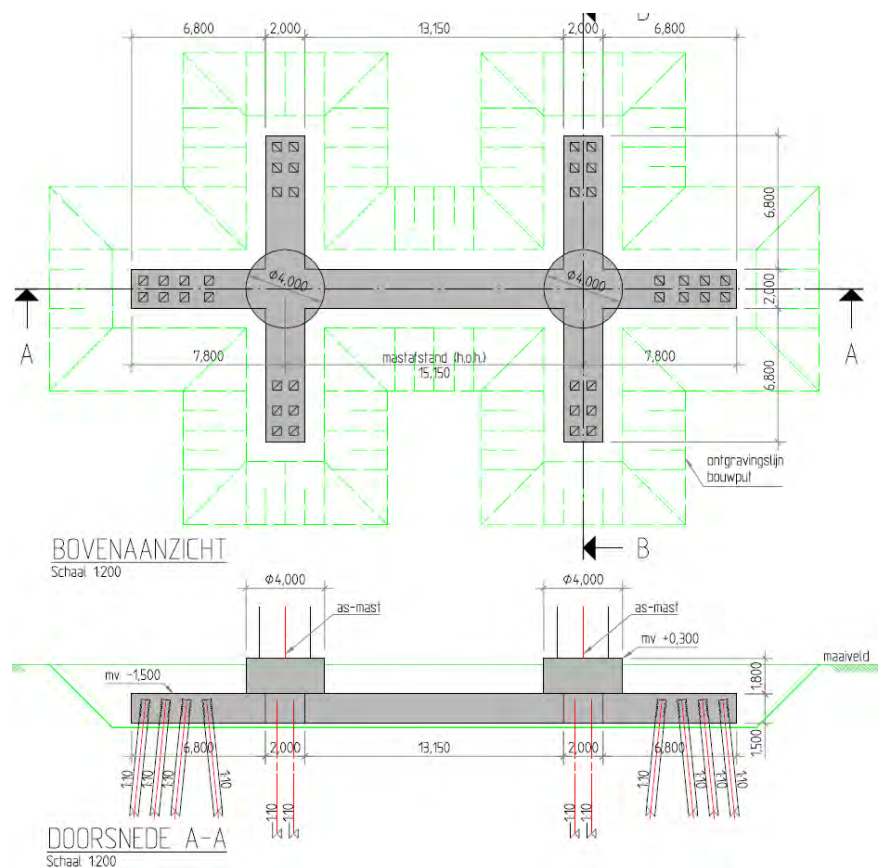
Toegepast bij masttype:  
 W2H400 + 5  
 W2H400 + 5  
 W2H400 + 10  
 W2H400 + 10 mast 133  
 W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



### 1.1.4. FUNDATIETYPEN D

Toegepast bij masttype:  
 W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)  
 W4H400Z + 10 (Afstap 150kV)

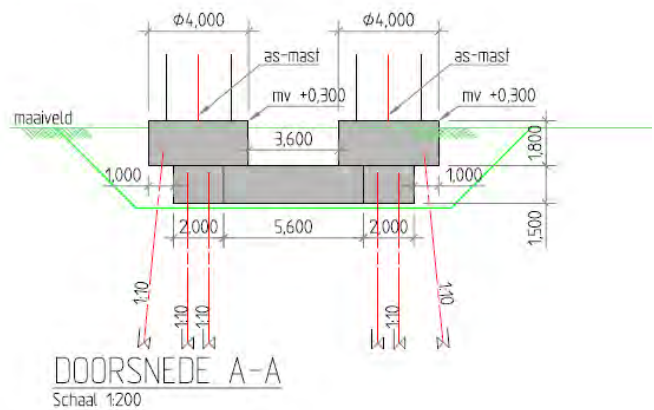
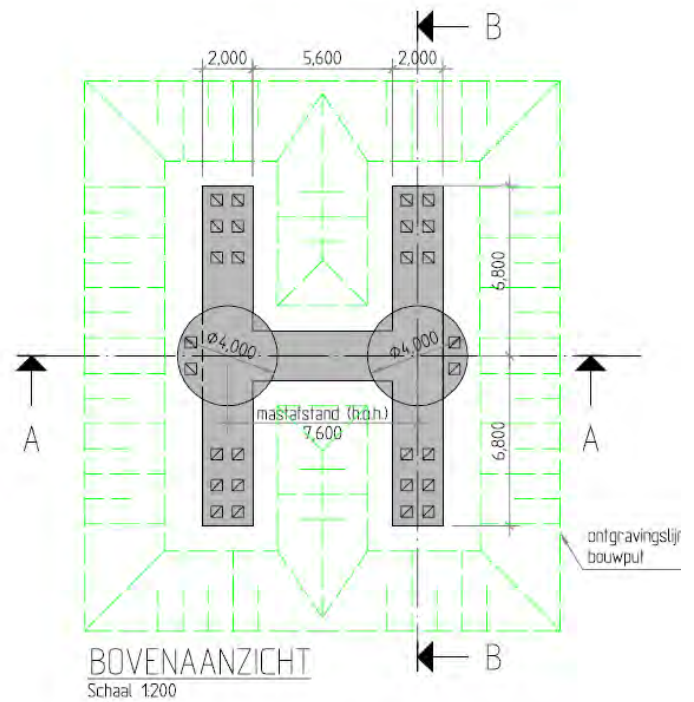




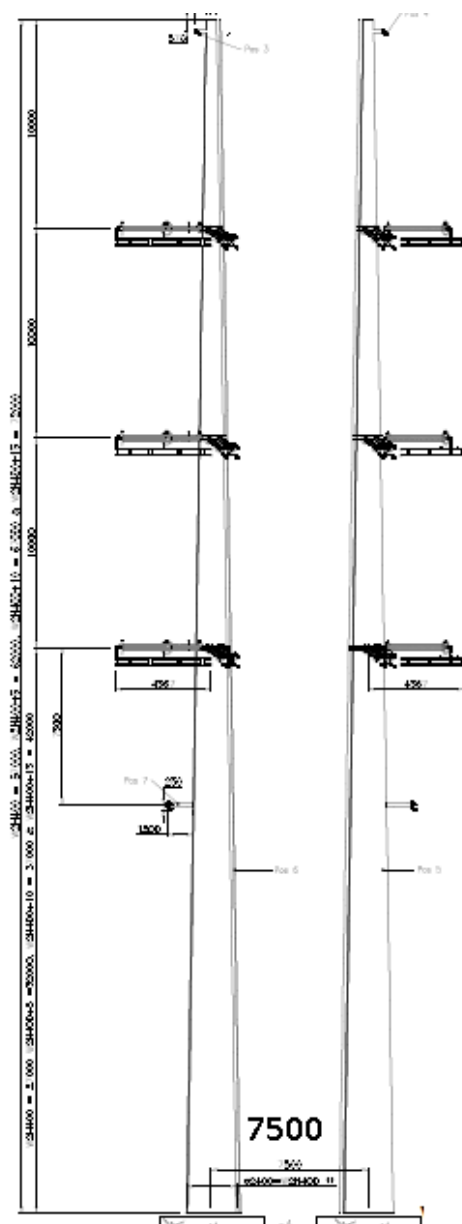
### 1.1.5. FUNDATIETYPEN F

Toegepast bij masttype:

- W2E350 + 5
- W2E400
- W2E350



## 1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE C



De h.o.h. afstand van de masten bedraagt 7500 mm i.p.v. de in de berekening aangehouden 7600mm. Dit kleine verschil heeft voor de berekening geen invloed

## 1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

- R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
- R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
- R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
- R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
- R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
- R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
- R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
- R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
- R3N-OWR-0039 Bepalingsadvies beheersgebied Rijnland
- R3N-OWR-0040 Bepalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

#### 1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding, de wijze van aarden kan invloed hebben op de vermoeiing van het wapeningsstaal.
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbeteren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton\
- H.o.h afstand masten aanpassen van 7600 naar 7500 mm

#### 1.5. REVISIEBEHEER

Aangepast in 2<sup>e</sup> uitgave

Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Dit rapport is een principe berekening. Toegevoegd zijn enkele betonberekeningen. Daarnaast zijn er nu 2 modellen van de fundering gedraaid.

Aangepast in 3<sup>e</sup> uitgave

Dit is de 3<sup>e</sup> uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie



## 2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

### 2.1. UITGANGSPUNTEN

De uitgangspunten vermeldt in de ontwerpnota R3N-OWR-00001 dienen als basis voor het ontwerp van de fundatie van de Wintrackmasten.

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'.

### 2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De normen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.

### 2.3. EISEN

De eisen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.

Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamente van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen;
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast;
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding;
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tolerantie naar binnen is 0 cm.

### 2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamente worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005.

### 2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

#### 2.5.1. BETONKWALITEITEN

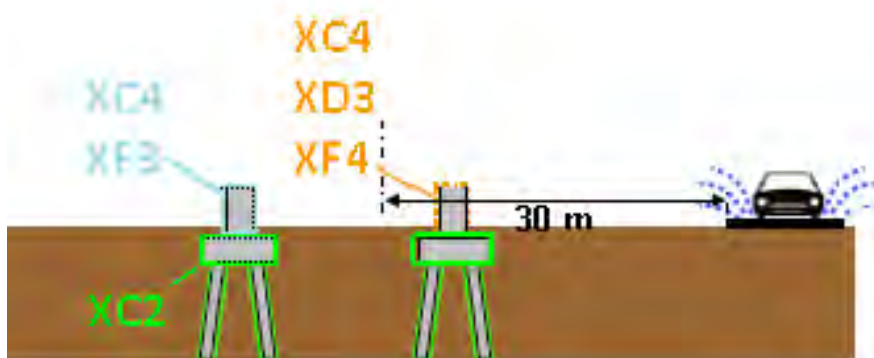
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met  $E_{\text{beton;gescheurd}} \approx 1/3 E_{\text{beton;ongescheurd}}$ . Tevens is een ca. 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elasticiteitsmodulus [N/mm <sup>2</sup> ]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.00
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

## 2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2  
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen.  
De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspreiden van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



## 2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{\min} = \max \{c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \quad (4.2)$$

waarin:

- $c_{\min,b}$  is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
- $c_{\min,dur}$  is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
- $\Delta c_{dur,\gamma}$  is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
- $\Delta c_{dur,st}$  is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
- $\Delta c_{dur,add}$  is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat  $c_{\min,b}$  maatgevend wordt. Deze waarde is afhankelijk van de staafdiameter, welke nog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.

## 2.5.4. STAALKWALITEITEN

Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B
betonstaal (gepunte wapeningsnetten):	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

## 2.6. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

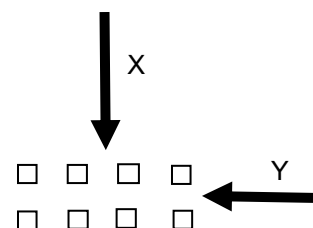
De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

In het model wordt gerekend met een verticale veerstijfheid van 90.000 kN/m.  
Voor de horizontale bedding worden onderstaande waarden aangehouden.



In de volgende tabellen worden deze gereduceerde beddingsconstanten gepresenteerd.

X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m <sup>2</sup> paal		per m'paal	
		$k_{h,rep,laag}$	$k_{h,rep,hoog}$	$k_{h,rep,laag}$	$k_{h,rep,hoog}$
	[m+ NAP]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m/m]	[kN/m/m]
Veen	-1.6	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-2.7	500	1,200	300	600
Veen	-5.1	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-6.0	800	1,800	400	900
Veen	-11.2	1,400	3,200	700	1,600
Zand	-12.1	13,600	30,600	6,900	15,600
Zand	-22.0	16,300	36,700	8,300	18,700



**Tabel 6 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de X-richting**

Y-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m <sup>2</sup> paal		per m'paal	
		$k_{h,rep,laag}$	$k_{h,rep,hoog}$	$k_{h,rep,laag}$	$k_{h,rep,hoog}$
	[m+ NAP]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m/m]	[kN/m/m]
Veen	-1.6	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-2.7	400	900	200	400
Veen	-5.1	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-6.0	600	1,300	300	700
Veen	-11.2	1,000	2,300	500	1,200
Zand	-12.1	9,800	22,100	5,000	11,300
Zand	-22.0	11,800	26,500	6,000	13,500

**Tabel 7 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de Y-richting**

**Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting**

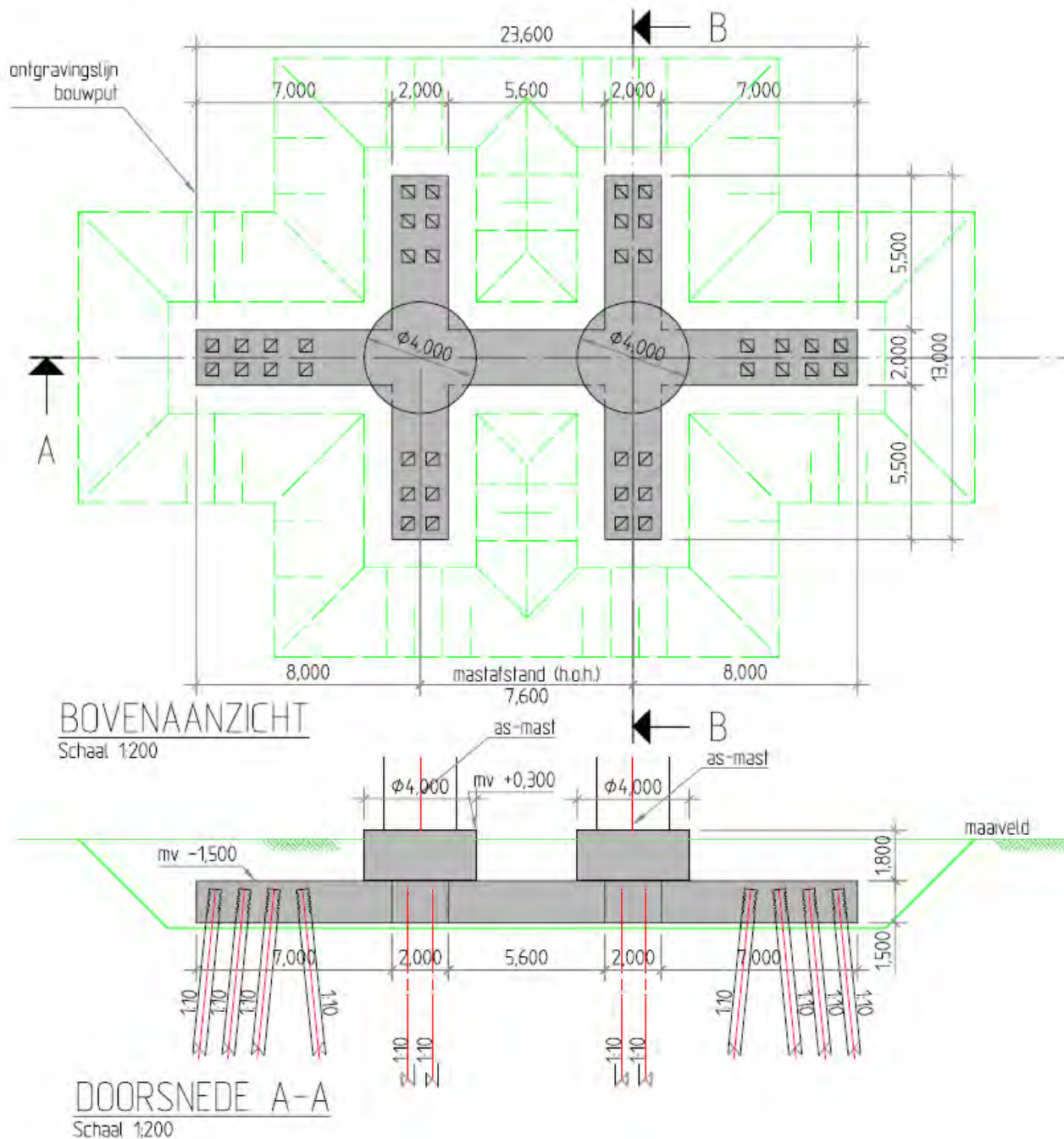
Voor alle richtingen is steeds de lage waarde van de beddingsconstante, richting Y aangehouden.



### 3. BEREKENING POER TYPE C

#### 3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type C poeren is als volgt:



#### 3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

##### 3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA.

Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

$$\begin{aligned}\gamma_G \text{ (ongunstig)} &= 1,3 \\ \gamma_G \text{ (gunstig)} &= 0,9 \quad (\text{zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast}) \\ \gamma_Q &= 1,65\end{aligned}$$

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht, grond en belastingen op maaiveld.

### 3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

#### Eigen gewichtpoer

Eigen gewicht van de betonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek). Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot  $1500 \text{ kg/m}^3$ . Inclusief partiële factor van 0,9 volgt  $1350 \text{ kg/m}^3$ . In totaal bedraagt de factor dan dus  $1350/2500 = 0,54$ .

#### Eigen gewicht grond op poer

Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:

$$1,5 * 17 = 25,5 \text{ kN/m}^2$$

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:

$$0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 \text{ kN/m}^2$$

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt  $13,95 \text{ kN/m}^2$ . In totaal bedraagt de factor dan dus  $13,95/25,5 = 0,54$ .

Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

**Constructieberekening mastfundatie  
type C  
Randstad 380 kV Noordring**



Belastingen uit de mast

Zie rapport 'Ableiding belasting uit masten'.

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met:

$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
0,6	0,2	0

ULS

Mast	Wind	Loadcase	$M_{\text{langs}}$	$M_{\text{dwars}}$	N	$V_{\text{langs}}$	$V_{\text{dwars}}$
W2H400+5	90 deg	3	0	37867	1025	0	943
W2H400+5	0 deg	1b	665	16478	682	23	401
W2H400+5	45 deg	1a	14930	27013	682	382	678
W2H400+5	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
<b>W2H400+5</b>	<b>-45 deg</b>	<b>3</b>	<b>26019</b>	<b>14403</b>	<b>398</b>	<b>644</b>	<b>358</b>
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	3	1034	31674	1024	36	784
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	1308	36670	903	53	910
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	15738	26743	678	415	667
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	3	26019	14403	398	644	358
W2H400+10	0 deg	3	1300	38231	1280	42	829
W2H400+10	90 deg	3	0	45178	1276	0	990
W2H400+10	45 deg	1a	17515	32392	853	404	726
W2H400+10	0 deg	3	1300	26959	1176	42	582
W2H400+10	90 deg	1a	0	33107	1139	0	757
W2H400+10	90 deg	3	0	33678	1172	0	738
W2H400+10	45 deg	1a	8721	25248	855	218	575
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	4565	34528	1258	152	731
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1574	41927	1127	53	931
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	18211	30577	848	430	682
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	3002	24614	1167	99	522
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1233	31402	1133	42	712
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1b	21118	11542	847	471	245
W2H400+15	0 deg	3	1560	40126	1413	47	785
<b>W2H400+15</b>	<b>90 deg</b>	<b>1a</b>	<b>0</b>	<b>49086</b>	<b>1264</b>	<b>0</b>	<b>1006</b>
W2H400+15	45 deg	1a	20418	35375	952	433	725
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1538	1284	167	18
W2H400+15	0 deg	3	1560	2784	1425	47	31
W2H400+15	90 deg	1a	0	21043	1265	0	422
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1201	964	167	14

**Constructieberekening mastfundatie  
type C  
Randstad 380 kV Noordring**



**SLS**

Type	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwers</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwers</sub>
W2H400+5	0 deg	1b	2363	20045	757	81	512
W2H400+5	45 deg	1a	8801	23569	757	234	595
W2H400+5	90 deg	3	2363	31280	835	81	794
W2H400+5	-45 deg	1a	8108	23569	757	234	595
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	1b	3321	19716	753	120	499
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	3	4602	30221	821	172	751
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	8941	23276	753	269	583
W2H400+10	0 deg	3	3081	33806	1046	99	765
W2H400+10	45 deg	1a	10468	28323	949	253	639
W2H400+10	90 deg	1a	3081	32890	946	99	734
W2H400+10	90 deg	3	3081	37539	1043	99	843
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1a	4010	21112	949	130	481
W2H400+10 (mast 82)	45 deg	3	4263	32798	1029	158	726
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	4307	31284	941	140	691
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	3	5665	34675	1028	186	765
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	10407	26626	945	283	597
W2H400+15	0 deg	3	3697	35947	1157	111	742
<b>W2H400+15</b>	<b>45 deg</b>	<b>1a</b>	<b>12353</b>	<b>30742</b>	<b>1060</b>	<b>276</b>	<b>634</b>
W2H400+15	90 deg	1a	3697	36518	1056	111	745
<b>W2H400+15</b>	<b>90 deg</b>	<b>3</b>	<b>3697</b>	<b>40557</b>	<b>1154</b>	<b>111</b>	<b>830</b>
W2H400+15	-45 deg	1a	11270	30742	1060	276	634

**Belastingen op maaiveld**

Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van  $10 \text{ kN/m}^2$ . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 ( $2 \cdot 1,5$ ) =  $6 \text{ m}^2$  ontstaan, waardoor bij  $10 \text{ kN/m}^2$  dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met:

$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
0,7	0,5	0,3

**3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES**

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:  
 $0,7 \cdot 1,65 = 1,16$

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast).

**Constructieberekening mastfundatie  
type C  
Randstad 380 kV Noordring**

Combining Knowledge and Experience



ULS							
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 1	Combi 2	Combi 3	Combi 4	Combi 5	Combi 6
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65		

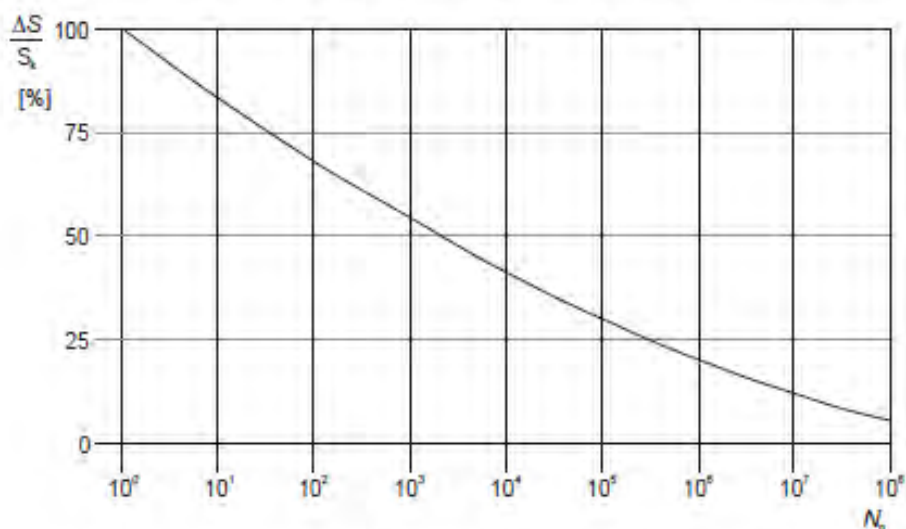
SLS							
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 7	Combi 8	Combi 9	Combi 10	Combi 11	Combi 12
5	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
6	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

### 3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

#### B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren  $N_g$  dat de waarden  $\Delta S$  van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar.  $\Delta S$  wordt uitgedrukt in percentage van de waarde  $S_k$ , waar  $S_k$  het effect is van een windbelasting met een herhalingsijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen  $N_g$  voor een effect  $\Delta S/S_k$  gedurende een herhalingsijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0,7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17,4 \cdot \log(N_g) + 100 \quad (\text{B.9})$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

$\Delta S / S_k$ (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

**Constructieberekening mastfundatie****type C**

Randstad 380 kV Noordring



Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn.  $S_K$  is de spanning met een herhalingsstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.

De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:

Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter  $2,5 \cdot D$
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking:

Buigdoorn  $2,5\emptyset \rightarrow 244 \text{ N/mm}^2$

Buigdoorn  $5\emptyset \rightarrow 283 \text{ N/mm}^2$

Gelaste staven  $\rightarrow 317 \text{ N/mm}^2$

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van  $435 \text{ N/mm}^2$  in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal  $335 \text{ N/mm}^2$ . De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij $N^*$ wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		$N^*$	1,00E+06	
aantal wisselingen	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	Schade
[-]	dS/S	wapening	wisselingen	[-]
	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	<b>0,139183665</b>

## Constructieberekening mastfundatie type C Randstad 380 kV Noordring



### Staven gebogen met doordiameter 2,5\*D

maximale gebruiksspanning				244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen				67,4	
		k1		5	
		k2		9	
		N*		1,00E+06	
aantal wisselingen	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal		
[-]	dS/S	wapening	wisselingen		Schade
	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]	
1	100	244	1613		0,000620
1	98	239	1784		0,000560
8	90	220	2731		0,002929
90	75	183	6796		0,013243
900	61	149	19095		0,047134
9000	48	117	63292		0,142197
90000	36	88	266714		0,337440
900000	25	61	2466861		0,364836
9000000	16	39	136938283		0,065723
90000000	9	22	24289699180		0,003705
			Totale schade		<b>0,978388484</b>

### Staven gebogen met doordiameter 5\*D

maximale gebruiksspanning				283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen				78,0	
		k1		5	
		k2		9	
		N*		1,00E+06	
aantal wisselingen	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal		
[-]	dS/S	wapening	wisselingen		Schade
	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]	
1	100	283	1591		0,000629
1	98	277	1760		0,000568
8	90	255	2694		0,002970
90	75	212	6702		0,013428
900	61	173	18832		0,047792
9000	48	136	62422		0,144181
90000	36	102	263044		0,342148
900000	25	71	2406099		0,374050
9000000	16	45	133565305		0,067383
90000000	9	25	23691410595		0,003799
			Totale schade		<b>0,996946687</b>

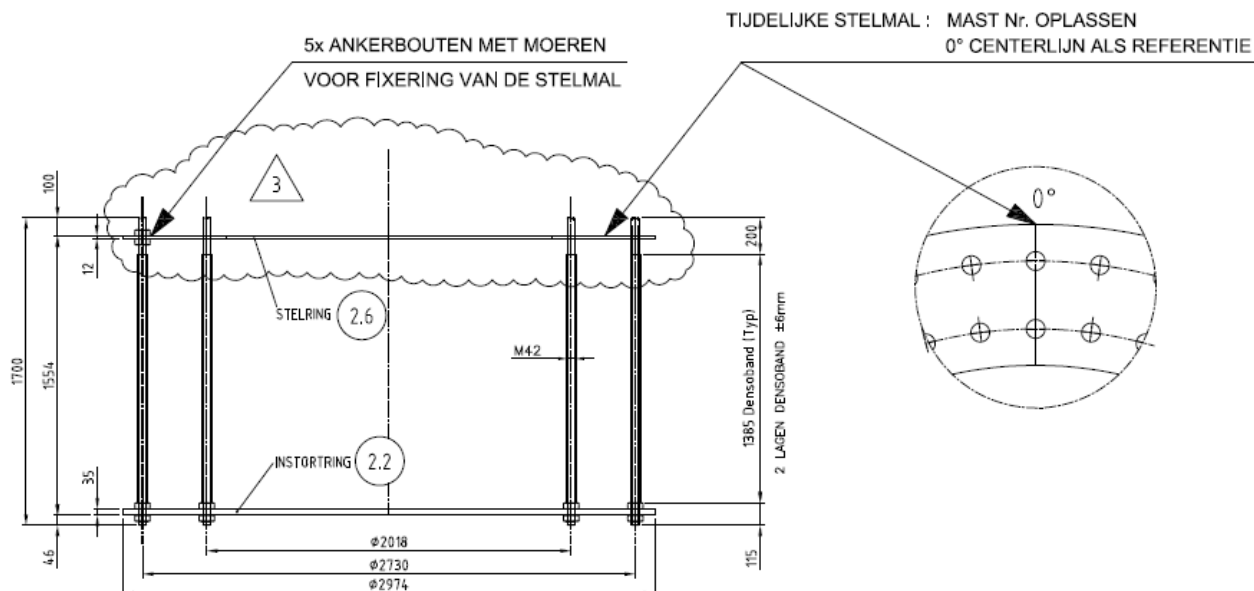
### Gelaste staven

maximale gebruiksspanning				317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen				58,5	
		k1		3	
		k2		5	
		N*		1,00E+07	
aantal wisselingen	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal		
[-]	dS/S	wapening	wisselingen		Schade
	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]	
1	100	317	62848		0,000016
1	98	311	66775		0,000015
8	90	285	86211		0,000093
90	75	238	148972		0,000604
900	61	193	276886		0,003250
9000	48	152	568285		0,015837
90000	36	114	1347046		0,066813
900000	25	79	4022257		0,223755
9000000	16	51	20411885		0,440920
90000000	9	29	362468668		0,248297
			Totale schade		<b>0,999600179</b>



#### 4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



#### DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV	Material: -	<b>VDL KTI</b>	Project No.: 36002
Revision: 3	Quantity: 2		Workprep. No.:
Date: 5-7-2011	Equipm. no.: W4E350		Pos. No.: ANKERKOOI

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken. De stekken worden in de UO fase berekend.

#### 4.1. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

- Model 1: Lage gescheurde E modulus
- Model 2: Matige gescheurde E modulus



## 5. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1)

Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde (model 2)



**BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE (MODEL 1)**



**BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE E-WAARDE (MODEL 2)**

Bijlage 8b  
Bepalingen belastingen op  
mastfundaties

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**Bepaling belasting mastfundaties****Project:**

Randstad 380kV Noordring

**Opdrachtgever:**

TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Status naar definitief

Documentnummer: R3N-OWR-0033

<i>Opsteller</i>	<i>Verificateur</i>	<i>Vrijgever</i>
A.L.A. van Noort Constructeur	Pieter de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**Distributie**

Naam	Bedrijf
Extern Guido Volman	TenneT TSO
Intern Arjan Hogenboom Pieter de Jager Eric van Rooijen David van Loenen Rob Bakker Erwin ten Cate Michael Desmet Hein Pijnappel	BAM BAM BAM BAM BAM BAM Fabricom Mott MacDonald

**Beheer**

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.



**Inhoudsopgave**

1. Inleiding ..... 4

2. Bron van de belastingen..... 5

3. Overzicht masttypen in het werk ..... 6

4. Verificatie..... 7

4.1. Afwijkingen in ULS ..... 8

4.2. Afwijkingen in SLS..... 9

4.3. Conclusie verificatie ..... 11

5. Fundatietype A ..... 12

6. Fundatietype B ..... 13

7. Fundatietype C ..... 14

8. Fundatietype D ..... 16

9. Fundatietype F..... 17

Bijlagen..... 18

Bijlage 1 Afleiding belastingen per masttype..... 19





### 1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracté van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het ontwerp van de mastfundaties.

De leverancier van de masten, Volker Wessels Telecom, heeft de masten berekend en daarbij ook de belasting op de fundering bepaald. Omdat de masten rond zijn is hierbij alleen naar de maatgevende belasting gekeken.

De verschillende typen masten hebben echter een duidelijk richting waarin de belasting dominant is. In het ontwerp van de mastfundaties is wel rekening gehouden met deze richting afhankelijke belasting. Daarvoor zijn de belastingen opnieuw afgeleid. Dit document bevat de afleiding en de verificatie van deze lasten.

## 2. BRON VAN DE BELASTINGEN

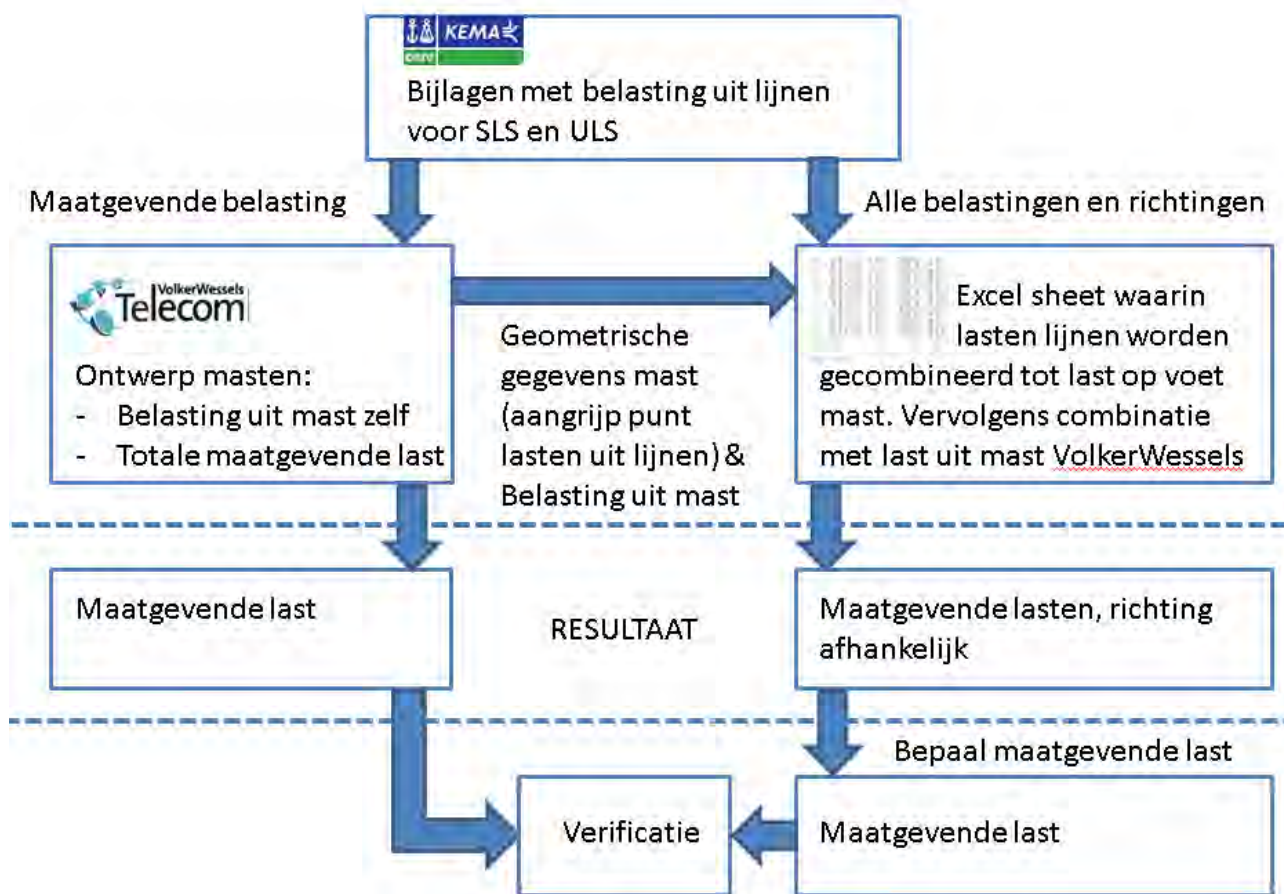
De belastingen uit de lijnen zijn berekend door KEMA in rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 Rev 003 'Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV' 18 juli 2012.

Dit rapport is niet in ons bezit.

Onderdeel van het rapport van KEMA zijn de verschillende bijlagen waarbij telkens per type mast de lasten uit de lijnen zijn gegeven. Deze bijlagen zijn door Volker Wessels Telecom (VWT) in de verschillende berekeningsrapporten opgenomen.

Daarnaast heeft VWT de belasting uit de mast zelf (exclusief last uit lijnen) bepaald. Deze lasten heeft VWT gecombineerd tot de maatgevende belasting op de fundering.

Onderstaand stroomschema geeft de wijze waarop de lasten door VWT (linker zijde schema) en in dit rapport (rechter zijde schema) zijn bepaald. Vervolgens is uit de lasten zoals bepaald in dit rapport een selectie van maatgevende belastingen gemaakt, welke is vergeleken met de maatgevende lasten zoals bepaald door VWT. Deze verificatie is opgenomen in dit rapport.





### 3. OVERZICHT MASTTYPEN IN HET WERK

In onderstaande tabel zijn de verschillende masttypen welke in het werk voorkomen aangegeven. Tijdens de Tenderfase zijn de verschillende berekeningen van de masten arbitrair genummerd (in volgorde van de mastenlijst in **bijlage 1** van de vraagspecificatie voor de tender). Omdat in het gewonnen perceel niet meer alle masttypen aanwezig zijn, is de nummeringen van de berekeningen ook niet meer doorlopend. Al naar gelang de grote en richting van de belasting uit de masten en de diameter van de mastvoet zijn een 5-tal fundatietypen bepaald. In Tabel 1 zijn deze ook weergegeven.

Masttype	Berekeningsnummer	Fundatietype
W2S400+5	03	A
W2S350+5	09	A
W2S400A+10	27	A
W4S400Z+5	15	B
W2S400+24	21	B
W2S400+22.5	23	B
W4S400Z+14	24	B
W2H400+5	08	C
W2H400A+5 (mast 74)	08A	C
W2H400+10	17	C
W2H400+10 (mast 82)	17A	C
W2H400+15	22	C
W4H400Z+5	14	D
W4H400ZA+5	25	D
W4H400ZA+10 (Aftakm ast m ast 92)	26	D
W2E350+5	05	F
W2E400	07	F
W2E350	10	F

**Tabel 1** Overzicht masttypen met bijhorende berekeningsnummer en fundatietype

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**4. VERIFICATIE**

De waarden zoals door ons berekend zijn vergeleken met de waarden zoals gegeven door VWT in de samenvatting fundatiebelastingen.

Dit resulteert in onderstaande tabel, waarin de verhouding tussen de resultaten van VWT en de door ons afgeleide waarden gegeven zijn.

De kleurcodering is als volgt:

waarde bepaald door VWT > 102% van onze waarde → rood

waarde bepaald door VWT > 99,5% en < 100,5% van onze waarde → groen

waarde bepaald door VWT < 98% van onze waarde → geel

De groene waarden geven dus aan waar de resultaten gelijk zijn.

Geen kleur hebben de waarden met een kleine afwijking en de rode en gele waarden verdienen extra aandacht.

		Verhouding opgegeven waarde t.o.v. afgeleide waarde							
		Kleiner dan 100% is veilig, afgeleide waarde hoger							
		SLS				ULS			
		M	V	N	Mmax	V	Nmax	Nmin	
W2S400 + 5	3	99%	99%	86%	100%	100%	83%	100%	
W2E350 + 5	5	110%	118%	95%	101%	100%	100%	100%	
W2E400	7	110%	111%	95%	101%	100%	100%	100%	
W2H400 + 5	8	106%	106%	91%	102%	100%	100%	177%	
W2H400 + 5	8a	106%	107%	64%	101%	98%	88%	123%	
W2S350 + 5	9	99%	99%	100%	100%	100%	81%	100%	
W2E350	10	106%	108%	94%	101%	101%	100%	100%	
W4H400Z + 5	14	103%	104%	90%	100%	100%	100%	100%	
W4S400Z + 5	15	99%	99%	99%	100%	100%	79%	79%	
W2H400 + 10	17	104%	106%	59%	100%	100%	100%	66%	
W2H400 + 10	17a	105%	103%	52%	100%	100%	90%	66%	
W2S400 + 24	21	98%	98%	62%	100%	100%	83%	70%	
W2H400 + 15	22	105%	107%	62%	100%	100%	89%	68%	
W2S400 + 22.5	23	99%	100%	63%	100%	100%	84%	70%	
W4S400Z + 14	24	100%	100%	67%	93%	100%	80%	54%	
W4H400Z + 5 (Afst)	25	146%	142%	91%	103%	104%	85%	78%	
W4H400Z + 10 (Afst)	26	130%	127%	93%	94%	96%	89%	86%	
W2S400 + 10 (afs. c)	27	101%	103%	58%	102%	104%	82%	52%	

**Tabel 2 Verhouding tussen resultaten VWT en door ons afgeleide waarden BAM/Cofely Fabricom**

## Bepaling belasting mastfundaties

Randstad 380kV Noordring



## 4.1. AFWIJINGEN IN ULS

Over het algemeen zijn de normaalkrachten welke wij afleiden iets hoger dan de waarden zoals bepaald door VWT. Dit komt omdat in de samenvatting van de lasten zoals gegeven door VWT niet de hoogste verticale kracht is aangegeven. Zie bijvoorbeeld onderstaand fragment uit berekening W2S400(+24). De afwijking is dus geen gevolg van onjuistheden in onze afleiding.

Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M <sub>x</sub> - reactie kNm	M <sub>y</sub> - reactie kNm	M <sub>z</sub> - reactie kNm
<b>Windrich. 90 graden</b>						
1 - EG mast			757			
2 - Windbelasting mast	163				5841	
3 - Belasting geval 1a	220		135		13718	
4 - Belasting geval 1b	44		167		3256	
5 - Belasting geval 3	137		304		9105	
6 - Belasting geval 4	44		192		3335	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	383		892		19559	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)	75		923		4351	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	183		1060		10748	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	75		949		4430	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS $\gamma_{eg}=1.0$ , $\gamma_q=1.0$	B.C. 2 - ULS $\gamma_{eg}=1.2$ , $\gamma_q=1.6$	B.C. 3 - ULS $\gamma_{eg}=0.9$ , $\gamma_q=1.6$
Voetmoment	12892 kNm	19559 kNm	19559 kNm
Dwarskracht	249 kN	383 kN	383 kN
Verticale kracht	540 kN	892 kN	486 kN

Bij masttype W4H400Z + 5 (Afstap 150kV) en W2S400 + 10 (afs. comp.gl) is voor het moment een hogere waarde gegeven door VWT dan door ons afgeleid.

Bij masttype W4H400Z + 5 (Afstap 150kV) komt het verschil doordat het maximale moment optreedt in langsricting van het trace, in een belastingsgeval waarbij de windbelasting haaks op deze richting is. In de opgave van de belasting door VWT worden deze 2 lasten echter bij elkaar geteld, hetgeen resulteert in een hogere last.

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring



Bij masttype W2S400 + 10 (afs. comp.gl) is in de samenvatting van de lasten een hoger moment (13349 kNm) gegeven dan dat er door VWT is afgeleid (12988 kNm). De afgeleide waarde van 12988 is zelfs iets lager dan de door ons bepaalde waarde van 13052. Met deze waarde zou het vak zelfs groen kleuren.

Hetzelfde geldt voor de dwarskracht, waar onze berekening op 312 kN uitkomt, de berekening van VWT op 308 kN, maar de opgave 324 kN bedraagt.

Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M <sub>x</sub> - reactie kNm	M <sub>y</sub> - reactie kNm	M <sub>z</sub> - reactie kNm
<b>Windrich. 90 graden</b>						
1 - EG mast			481			
2 - Windbelasting mast	115	27		814	3428	
3 - Belasting geval 1a	194	71	122	2270	9561	129
4 - Belasting geval 1b	39	47	137	1511	2352	86
5 - Belasting geval 3	117	131	249	4195	6356	239
6 - Belasting geval 4	39	53	159	1689	2431	96
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	308	98	603	3084	12988	129
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)	60	52	619	1663	2995	86
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	149	139	731	4424	7320	239
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)	60	58	641	1842	3074	96

**Samenvatting Fundatiebelastingen**

	B.C. 1 - SLS $\gamma_{eg}=1.0$ , $\gamma_q=1.0$	B.C. 2 - ULS $\gamma_{eg}=1.2$ , $\gamma_q=1.6$	B.C. 3 - ULS $\gamma_{eg}=0.9$ , $\gamma_q=1.6$
Voetmoment - XY	8897 kNm	13349 kNm	13349 kNm
Dwarskracht - XY	214 kN	324 kN	324 kN
Verticale kracht	348 kN	603 kN	313 kN

**4.2. AFWIJINGEN IN SLS**

Uit de tabel volgt dat de waarden van de Steunmasten redelijk overeenkomen, maar onze waarden van de Hoek en Eindmasten zijn aanzienlijk lager.

Uit nadere analyse is het volgende gebleken. Conform NEN-EN 50341 dienen de verschillende belastingen als volgt gecombineerd te worden. (zie onderstaande tabellen). Zoals te zien is bij combinatie 1b, 3 en 4 slechts een deel van de windbelasting aanwezig. In de bepaling door VWT is dit niet meegenomen, bij elke last is telkens de maximale belasting uit de mast in SLS meegerekend.

Daarnaast is geen rekening gehouden met de richting van de wind, de belasting uit de mast is altijd maximaal meegenomen.

**Table 4.2.11/NL.4 - Partial factor and combination factor (serviceability limit state)**

Load case and temperature	Value for $\gamma_G$ , $\gamma_Q$ , $\chi_Q$ and $\gamma_A$ for the serviceability limit state				
	$\gamma_G$	$\gamma_Q$ or $\chi_Q$			$\gamma_A$
Loads	$G_K$	$Q_{PK}$	$Q_{WK}$	$Q_{iK}$	$A_K$
1a Wind, 10° C	1,0	-	1,0	-	-
1b Wind, - 20° C	1,0	-	0,2	-	-
3 Wind+ice - 5° C	1,0	-	0,3	1,0	-
4 Construction/maintenance + 5° C	1,0	1,0	0,2	-	-

**Table 4.2.11/NL.1 - Partial factor and combination factor (ultimate limit state)**

Load case and temperature	Value for $\gamma_G$ , $\gamma_Q$ , $\chi_Q$ and $\gamma_A$ for the ultimate limit state				
	$\gamma_G$ <sup>1)</sup>	$\gamma_Q$ or $\chi_Q$ <sup>3)</sup>			$\gamma_A$
Loads	$G_K$	$Q_{PK}$	$Q_{WK}$	$Q_{iK}$	$A_K$
1a Wind, 10° C	1,2	-	1,5	-	-
1b Wind, - 20° C	1,2	-	0,3	-	-
2 Not relevant	-	-	-	-	-
3 Wind+ice, - 5° C	1,2	-	0,45	1,5	-
4 Construction/maintenance + 5° C	1,2	1,5	0,3	-	-
5a Torsional, + 10° C	1,0	1,0 <sup>2)</sup>	-	-	1,0
5b Not relevant	-	-	-	-	-
6 Permanent, + 10° C	1,35	-	-	-	-
7 Special, + 10° C	1,0	-	-	-	1,0

<sup>1)</sup> If permanent loads have a positive effect on the structural forces e.g. uplift forces on foundation  $\gamma_G = 0,9$ .

<sup>2)</sup> Only the load at the end of the crossarm, see 4.2.6.

<sup>3)</sup>  $\chi_Q = \chi_o - \gamma_Q$ , with reference to ENV 1991-1 "Basis of Design".

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring



Indien we bovenstaande uitgangspunten ook op onze afleiding toepassen, dan volgt onderstaande tabel:

		Verhouding opgegeven waarde t.o.v. afgeleide waarde							
		Kleiner dan 100% is veilig, afgeleide waarde hoger							
		SLS			ULS				
		M	V	N	Mmax	V	Nmax	Nmin	
<b>W2S400 + 5</b>	3	99%	99%	86%	100%	100%	83%	100%	
W2E350 + 5	5	100%	100%	95%	101%	100%	100%	100%	
W2E400	7	100%	100%	95%	101%	100%	100%	100%	
W2H400 + 5	8	101%	99%	91%	102%	100%	100%	177%	
W2H400 + 5	8a	101%	100%	64%	101%	98%	88%	123%	
W2S350 + 5	9	99%	99%	84%	100%	100%	81%	100%	
W2E350	10	100%	100%	94%	101%	101%	100%	100%	
W4H400Z + 5	14	99%	99%	90%	100%	100%	100%	100%	
W4S400Z + 5	15	99%	99%	83%	100%	100%	79%	79%	
W2H400 + 10	17	99%	99%	59%	100%	100%	100%	66%	
W2H400 + 10	17a	100%	100%	60%	100%	100%	90%	66%	
W2S400 + 24	21	98%	98%	62%	100%	100%	83%	70%	
W2H400 + 15	22	99%	99%	62%	100%	100%	89%	68%	
W2S400 + 22.5	23	98%	98%	62%	100%	100%	84%	70%	
W4S400Z + 14	24	92%	98%	57%	93%	100%	80%	54%	
W4H400Z + 5 (Afst)	25	146%	142%	91%	103%	104%	85%	78%	
W4H400Z +10 (Afst)	26	130%	127%	93%	94%	96%	89%	86%	
W2S400 + 10 (afs. c)	27	101%	103%	59%	102%	104%	82%	52%	

Tabel 3

Zoals te zien zijn nu vrijwel alle SLS lasten vrijwel gelijk aan de lasten welke VWT heeft afgeleid, behoudens de lasten van mast W4H400Z+5 (afstappunt) en W4H400Z+10 (afstappunt).

Bij deze masten zijn veel speciale belasting gevallen in de ULS aanwezig welke verband houden met installatie. Deze maken geen deel uit van de combinaties in de SLS. Indien de lasten voor SLS zijn bepaald op basis van de resultaten van de ULS geeft dit te hoge waarden voor de SLS. Voorlopig zullen wij de afgeleide waarden in de SLS vermenigvuldigen met een extra veiligheid van 1,4 opdat de door ons afgeleide waarde overeenkomt met de waarde van de opdrachtgever. Nader onderzoek is gewenst.

**4.3. CONCLUSIE VERIFICATIE**

De waarden zoals door ons afgeleid komen goed overeen met de door de opdrachtgever verstrekte maximale waarden. Bij de SLS waarden zijn de combinaties zoals gemaakt door de opdrachtgever strenger dan de eisen uit de norm. Wij gaan hier toch de combinaties van de opdrachtgever volgen.

Twee afspanmasten hebben in de SLS een aanzienlijk lagere belasting in onze afleiding dan de waarde van de opdrachtgever. Hier wordt een extra factor van 1,4 op onze waarden toegepast.



**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**5. FUNDATIETYPE A**

Samenvatting maatgevende belastingcombinaties:

ULS

Mast	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W2S400+5	90 deg	1a	0	14507	565	0	374
W2S400+5	90 deg	3	0	10025	681	0	238
W2S400+5	45 deg	1a	3748	8380	424	113	218
W2S350+5	90 deg	1a	0	11432	419	0	327
W2S350+5	90 deg	3	0	8116	521	0	215
W2S350+5	45 deg	1a	2951	6660	315	98	192
W2S400A+10	0 deg	1a	4809	461	617	158	0
W2S400A+10	0 deg	3	4914	862	737	156	0
W2S400A+10	90 deg	1a	2270	13052	603	71	312

SLS

Type	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W2S400+5	0 deg	1b	1805	3943	471	65	109
W2S400+5	45 deg	1a	2765	6731	471	88	176
W2S400+5	90 deg	1a	1805	10053	471	65	257
W2S400+5	90 deg	3	1805	8494	548	65	216
W2S350+5	45 deg	1a	2148	5387	350	75	156
W2S350+5	45 deg	1b	1397	3750	349	55	112
W2S350+5	90 deg	1a	1356	7975	350	54	226
W2S350+5	90 deg	3	1356	6860	417	54	193
W2S400A+10	90 deg	1a	4083	8775	505	133	208
W2S400A+10	90 deg	3	5585	6660	592	180	157

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**6. FUNDATIETYPE B**ULS

<b>Mast</b>	<b>Wind</b>	<b>Loadcase</b>	<b>M<sub>langs</sub></b>	<b>M<sub>dwars</sub></b>	<b>N</b>	<b>V<sub>langs</sub></b>	<b>V<sub>dwars</sub></b>
W4S400Z+5	0 deg	1a	2857	2634	600	102	54
W4S400Z+5	0 deg	3	804	4607	746	29	94
W4S400Z+5	90 deg	1a	0	17967	592	0	463
W4S400Z+5	0 deg	1a	2857	2069	561	102	43
W2S400+24	0 deg	1a	5841	547	921	163	0
W2S400+24	0 deg	3	1643	1036	1075	46	0
W2S400+24	90 deg	1a	0	19609	892	0	383
W2S400+24	0 deg	1a	5841	417	693	163	0
W2S400+22.5	0 deg	1a	5508	1538	878	157	18
W2S400+22.5	0 deg	3	1549	2784	1019	44	31
W2S400+22.5	90 deg	1a	0	21005	859	0	412
W2S400+22.5	0 deg	1a	5508	1201	659	157	14
W4S400Z+14	0 deg	1a	4319	443	777	136	0
W4S400Z+14	0 deg	3	1215	897	944	38	0
W4S400Z+14	90 deg	1a	0	18317	752	0	385
W4S400Z+14	0 deg	1a	4319	284	732	136	0

SLS

<b>Type</b>	<b>Wind</b>	<b>Loadcase</b>	<b>M<sub>langs</sub></b>	<b>M<sub>dwars</sub></b>	<b>N</b>	<b>V<sub>langs</sub></b>	<b>V<sub>dwars</sub></b>
W4S400Z+5	0 deg	3	1905	5592	599	68	144
W4S400Z+5	90 deg	1a	1905	12556	494	68	321
W2S400+24	0 deg	1a	3894	4355	769	109	109
W2S400+24	0 deg	3	3894	4689	874	109	109
W2S400+24	90 deg	1a	3894	13158	748	109	255
W2S400+22.5	0 deg	3	3672	5880	828	105	130
W2S400+22.5	45 deg	1a	4314	9532	726	116	197
W2S400+22.5	90 deg	1a	3672	14266	718	105	278
W4S400Z+14	0 deg	3	2879	3560	763	91	91
W4S400Z+14	90 deg	1a	2879	12281	631	91	257

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**7. FUNDATIETYPE C**ULS

<b>Mast</b>	<b>Wind</b>	<b>Loadcase</b>	<b>M<sub>langs</sub></b>	<b>M<sub>dwars</sub></b>	<b>N</b>	<b>V<sub>langs</sub></b>	<b>V<sub>dwars</sub></b>
W2H400+5	90 deg	3	0	37867	1025	0	943
W2H400+5	0 deg	1b	665	16478	682	23	401
W2H400+5	45 deg	1a	14930	27013	682	382	678
W2H400+5	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
W2H400+5	-45 deg	3	26019	14403	398	644	358
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	3	1034	31674	1024	36	784
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	1308	36670	903	53	910
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	15738	26743	678	415	667
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	3	26019	14403	398	644	358
W2H400+10	0 deg	3	1300	38231	1280	42	829
W2H400+10	90 deg	3	0	45178	1276	0	990
W2H400+10	45 deg	1a	17515	32392	853	404	726
W2H400+10	0 deg	3	1300	26959	1176	42	582
W2H400+10	90 deg	1a	0	33107	1139	0	757
W2H400+10	90 deg	3	0	33678	1172	0	738
W2H400+10	45 deg	1a	8721	25248	855	218	575
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	4565	34528	1258	152	731
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1574	41927	1127	53	931
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	18211	30577	848	430	682
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	3002	24614	1167	99	522
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1233	31402	1133	42	712
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1b	21118	11542	847	471	245
W2H400+15	0 deg	3	1560	40126	1413	47	785
W2H400+15	90 deg	1a	0	49086	1264	0	1006
W2H400+15	45 deg	1a	20418	35375	952	433	725
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1538	1284	167	18
W2H400+15	0 deg	3	1560	2784	1425	47	31
W2H400+15	90 deg	1a	0	21043	1265	0	422
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1201	964	167	14

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**SLS**

Type	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W2H400+5	0 deg	1b	2363	20045	757	81	512
W2H400+5	45 deg	1a	8801	23569	757	234	595
W2H400+5	90 deg	3	2363	31280	835	81	794
W2H400+5	-45 deg	1a	8108	23569	757	234	595
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	1b	3321	19716	753	120	499
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	3	4602	30221	821	172	751
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	8941	23276	753	269	583
W2H400+10	0 deg	3	3081	33806	1046	99	765
W2H400+10	45 deg	1a	10468	28323	949	253	639
W2H400+10	90 deg	1a	3081	32890	946	99	734
W2H400+10	90 deg	3	3081	37539	1043	99	843
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1a	4010	21112	949	130	481
W2H400+10 (mast 82)	45 deg	3	4263	32798	1029	158	726
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	4307	31284	941	140	691
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	3	5665	34675	1028	186	765
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	10407	26626	945	283	597
W2H400+15	0 deg	3	3697	35947	1157	111	742
W2H400+15	45 deg	1a	12353	30742	1060	276	634
W2H400+15	90 deg	1a	3697	36518	1056	111	745
W2H400+15	90 deg	3	3697	40557	1154	111	830
W2H400+15	-45 deg	1a	11270	30742	1060	276	634

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**8. FUNDATIETYPE D**ULS

Mast	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W4H400Z+5	90 deg	3	0	44494	1133	0	1119
W4H400Z+5	45 deg	1a	16697	31259	749	436	799
W4H400Z+5	45 deg	3	24827	13896	943	780	434
W4H400Z+5	90 deg	1a	-9505	20923	970	-260	683
W4H400Z+5	90 deg	3	-11374	20604	992	-318	663
W4H400ZA+5	90 deg	1a	7658	15619	986	188	421
W4H400ZA+5	90 deg	3	7995	10376	1111	197	264
W4H400ZA+5	-45 deg	1a	9456	9314	986	259	254
W4H400ZA+5	90 deg	1a	5652	10385	986	139	292
W4H400ZA+5	90 deg	3	6162	8221	1014	152	212
W4H400ZA+5	90 deg	3	35215	4924	943	880	130
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	6367	23846	1084	137	570
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	43362	18257	1190	951	415
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	3804	12106	971	115	390
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	4371	10353	995	132	324
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	27696	6071	948	865	191

SLS

Type	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W4H400Z+5	0 deg	1b	2098	23277	832	77	603
W4H400Z+5	45 deg	1a	9556	27308	832	259	700
W4H400Z+5	90 deg	3	2098	36338	922	77	931
W4H400ZA+5	0 deg	1b	6590	4113	821	188	126
W4H400ZA+5	45 deg	1b	6564	4721	821	187	141
W4H400ZA+5	90 deg	1a	7976	10768	821	221	289
W4H400ZA+5	90 deg	3	8480	8911	905	234	243
W4H400ZA+5	-45 deg	1b	6065	4732	821	190	141
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	0 deg	1b	7912	8572	896	205	219
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	7700	16972	902	198	403
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	9134	15504	972	231	372
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	-45 deg	1a	9410	11965	898	253	293

**Bepaling belasting mastfundaties**

Randstad 380kV Noordring

**9. FUNDATIETYPE F**ULS

Mast	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W2E350+5	90 deg	1a	33589	4631	725	933	225
W2E350+5	90 deg	3	35789	3589	776	985	125
W2E350+5	-45 deg	1b	18592	1449	544	508	43
W2E400	90 deg	1a	34497	5038	819	940	235
W2E400	90 deg	3	37033	3864	877	1007	131
W2E400	45 deg	1b	18118	1547	614	489	45
W2E350	90 deg	1a	28011	3814	616	888	202
W2E350	90 deg	3	30575	2997	667	972	116
W2E350	45 deg	1b	16106	1260	462	507	42

SLS

Type	Wind	Loadcase	M <sub>langs</sub>	M <sub>dwars</sub>	N	V <sub>langs</sub>	V <sub>dwars</sub>
W2E350+5	0 deg	1b	21038	2595	604	591	91
W2E350+5	90 deg	1a	25824	4981	604	715	154
W2E350+5	90 deg	3	29952	4348	638	838	138
W2E400	0 deg	1b	20659	2688	682	573	91
W2E400	45 deg	1b	20800	2957	682	576	98
W2E400	90 deg	1a	26286	5362	682	715	161
W2E400	90 deg	3	30704	4640	721	847	143
W2E350	45 deg	1b	18150	2296	513	583	86
W2E350	90 deg	1a	21622	4034	513	684	139
W2E350	90 deg	1b	18412	2470	513	591	91
W2E350	90 deg	3	25542	3543	547	821	124

## Bepaling belasting mastfundaties

Randstad 380kV Noordring



## BIJLAGEN

Bijlage 1 Afleiding belastingen per masttype



---

**BIJLAGE 1 AFLEIDING BELASTINGEN PER MASTTYPE**





Bijlage 9a  
Jukkenplan amovatie

**Jukkenplan Amovatie**

Randstad 380 kV Noordring

**Jukkenplan Amovatie****Project:**

Randstad 380 KV Noordring

**Opdrachtgever:**

TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste versie
01	06-08-2013	Aanpassing na commentaar TenneT
02	04-10-2013	Aanpassing na commentaar TenneT
03	15-11-2013	Aanpassing aan nieuwe versie overzichtstekeningen
04	07-02-2014	Aanpassing aan nieuwe versie overzichtstekeningen
05	04-04-2014	Aanpassing aan nieuwe versie overzichtstekeningen + toevoegen van werkmethode per span

Documentnummer: R3N-OWR-0013

<i>Opsteller</i>	<i>Controleur</i>	<i>Vrijgever</i>
Michael Desmet Deputy Department Manager	Pieter de Jager Ontwerp Manager	Erik Duwel Project Manager



### Distributie

<b>Naam</b>	<b>Bedrijf</b>
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Erik Duwel	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michaël Desmet	Cofely Fabricom
Koen Pieters	Cofely Fabricom
Hein Pijnappel	Mott McDonald

### Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.



**Inhoudsopgave**

**Referentie lijst**..... 3

1. *Inleiding* ..... 4

2. *Uitgangspunten* ..... 5

2.1. Omschrijving van de stappen voor amovatie ..... 5

2.2. Eisen..... 5

2.3. Raakvlakken..... 5

2.4. Bindende en informatieve documenten..... 6

2.5. Risico's en kansen ..... 6

3. *Uitwerking ontwerp*..... 7

3.1. Aanvragen van de nodige VNB's/vergunningen/..... 7

3.2. Definiëren van de nodige beschermingsmaatregelen en verkeersmaatregelen..... 7

3.3. Uitwerken van de toegangswegen in samenwerking met BAM-wegen ..... 9

3.4. Definiëren van de verschillende trek- en remstations in functie van planning en omgeving ..... 10

3.5. Aarden van de werkzones, op wiel leggen en amoveren van de geleiders..... 10

3.6. Optuien van de masten waar nodig (Mast 42N, M45, M50, M51, M55, M56, M60, M61, M62, M63, M64, M67, M71, M72, M74, M75) ..... 11

3.7. Amovatie van alle masten met kraan ..... 12

3.8. Knippen van de gearmoveerde mastelementen op doek om knip- en verfschilfers op te vangen ..... 13

3.9. Afvoer van de afkomende materialen ..... 13

3.10. Uitbraak van de bestaande funderingen tot 2 m onder maaiveld ..... 13

3.11. Aanvullen van grond rekening houdend met nalink ( incl. "schoon grond" verklaring ) ..... 14

3.12. Controle en opkuis omgeving op restanten van betonnen delen..... 14

4. *Veiligheid* ..... 14

5. *Bijlagen*..... 15

**Referentie lijst**

Ref	Document naam
[A]	R3N-PLN-0001Planning
[B]	R3N-PLA-0005-01 VNB Plan
[C]	Eindtermen 2.0 TIS 11-056a
[D]	Lijnen-"Standaard Programma van Eisen Randstad 380KV" PVE.050.000 versie 1.0, d.d. 25 november 2010
[E]	Lijnen-"Specifiek Programma van Eisen Randstat 380KV" PVE 05.001 versie 2.3, d.d. 4 Juli 2012
[F]	"Algemene specificatie installatie geleiders klemmen armaturen isolatoren HS lijnen" SPE.05.324 versie 1.0
[G]	R3N-REG-0002-00Kans en Risico Register
[H]	R3N-MPL-0014-1.02 Project management plan
[I]	R3N-MPL-0006-01 Omgevingsmanagement plan



## 1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracté van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft TenneT de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt het Jukkenplan voor de amovatie van de bestaande lijn.



## 2. UITGANGSPUNTEN

### 2.1. OMSCHRIJVING VAN DE STAPPEN VOOR AMOVATIE

In deze paragraaf wordt de volledige werkmethode besproken voor het amoveren van een hoogspanningslijn. Deze bestaat uit volgende stappen:

1. Aanvragen van de nodige VNB's
2. Definiëren van de nodige beschermingsmaatregelen en verkeersmaatregelen
3. Uitwerken van de toegangswegen in samenwerking met BAM-wegen
4. Definiëren van de verschillende trek- en remstations in functie van planning en omgeving
5. Aarden van de werkzones, op wiel leggen en amoveren van de geleiders
6. Optuien van de masten waar nodig ( beveiliging van de locaties )
7. Amovatie van alle masten met kraan
8. Knippen van de geamoveerde mastelementen op doek om knip- en verfschilfers op te vangen
9. Afvoer van de afkomende materialen
10. Uitbraak van de bestaande funderingen tot 2 m onder maaiveld

Voor een meer gedetailleerd overzicht refereren we naar onze algemene planning (ref [A]).

### 2.2. EISEN

De belangrijkste eisen voor de amovatie zijn:

- Aantoonbaarheid afvoeren van materialen conform de wettelijke voorschriften
- Fundatieblokken dienen geheel te worden verwijderd.
- Verfschilfers en restmaterialen dienen op een deugdelijke wijze worden afgevoerd. Er mogen geen vervuilingen zoals olieresten achterblijven.
- Palen en/of ankers dienen tot minimaal 2 m onder maaiveld verwijderd te worden. Er mogen geen restanten en betondelen groter dan 2 cm achterblijven.

### 2.3. RAAKVLAKKEN

In deze paragraaf worden de raakvlakken behandeld voor het amoveren van een hoogspanningslijn. De belangrijkste raakvlakken zijn:

- VNB van de te amoveren lijn (ref [B])
- Materialen van derden in de masten (Telecom,..)
- K & L rond de te amoveren fundatie, te plaatsen tijdelijke jukken en de grondankers
- Beschikbaarheid toegangswegen naar mast amovatie locatie
- Verkeersbeheersmaatregelen (CROW)



## 2.4. BINDEDE EN INFORMATIEVE DOCUMENTEN

In deze paragraaf worden de bindende en informatieve documenten behandeld voor het amoveren van een hoogspanningslijn. De belangrijkste documenten zijn:

- Vraagspecificatie tracé Vijfhuizen – Bleiswijk
- Eindtermen TenneT 2.0 (ref [C])
- Lijnen-“Standaard Programma van Eisen” (ref [D])
- Lijnen-“Specifiek Programma van Eisen Randstad 380kV” (ref [E])
- “Algemene specificatie installatie geleiders klemmen armaturen isolatoren HS lijnen” (ref [F])
- CROW richtlijnen

## 2.5. RISICO'S EN KANSEN

De belangrijkste kansen en risico's met betrekking tot amovatie zijn:

- KR222 Bestaande geleider breekt bij verwijderen
- KR183 Grondvervuiling rond bestaande / te amoveren masten
- KR042 beschermingsmaatregel kraan met net wordt niet aanvaard/toegelaten als bescherming
- KR226 Niet noodzakelijk aanbrengen botsabsorbering / wegsignalisatie bij amovatie

De risico's en kansen zijn nader uitgewerkt in het risico's en kansenregister (ref [G]).

### 3. UITWERKING ONTWERP

In dit hoofdstuk worden in de onderstaande paragrafen de te nemen stappen nader beschreven voor het amoveren van de kabels en de masten. Voor meer gedetailleerde werkmethode refereren we naar onze interne werkinstructies die uitvoerig besproken kunnen worden tijdens werk vergaderingen of de kick of meeting.

De communicatie met veiligheidsdeskundigen en bouwleiders van Tennet wordt beschreven in het Project management plan (ref [H]).

#### 3.1. AANVRAGEN VAN DE NODIGE VNB'S/VERGUNNINGEN/...

Voor snelweg, spoor of water overgangen moet er met de betrokken instanties worden bekeken op welke manier de werken kunnen worden uitgevoerd. Eventueel met een VNB. In het omgevingsmanagement plan (ref [I]) wordt verder ingegaan over hoe de communicatie verloopt met de omgeving (rentmeester/landeigenaar/gemeenten/waterschappen/...).

#### 3.2. DEFINIËREN VAN DE NODIGE BESCHERMINGSMATREGELEN EN VERKEERSMATREGELEN

Afhankelijk van de te beschermen obstakels, wordt er gekozen voor specifieke beschermingsmaatregelen. zie bijlage 1 voor een compleet overzicht:

##### A. Houten beschermingsjukken



*Houten beschermingsjuk*

Afhankelijk van de omgeving wordt er gekozen voor het plaatsen van deze jukken in een gegraven put of in een betonblok. Wanneer we werken in de nabijheid van kabels, leidingen of we zijn niet zeker wat er in de ondergrond zit wordt de kuil manueel gegraven (voor een paal van 14m => 1,4m diep). De Jukken/betonblokken worden vervoerd en geïnstalleerd door een aangepaste vrachtwagen met een mobiele laadkraan. Tijdens het lossen en installeren op de openbare weg wordt de nodige signalisatie voorzien. Na installatie worden de jukken afgeschermd met jersies of gemarkeerd aan de voet. Zie bijlage 2 voor de verschillende afmetingen.





*Gegraven put*

*betonblok (2,6t)*

*Installatie juk*

### B. Kranen met net

Een kraan wordt uitgerust met horizontale liggers waartussen netten worden gespannen. De kraan wordt opgebouwd in de nabijheid van de te beschermen zone waarna de giek over het obstakel kan worden gedraaid wanneer nodig. (zie bijlage 3 voor enkele voorbeelden)



*Kraan opstelling met netten*

### C. Stellingen

Wanneer jukken of kranen niet voldoende kunnen beschermen wordt er geopteerd voor stellingen met netten. Deze kunnen worden aangepast naar gelang de situatie. (zie bijlage 4 voor enkele voorbeelden)



*Stellingen met netten*

### D. Kraan met afrolwiel

Op plaatsen waar het obstakel kort bij de mast staat is het mogelijk gebruik te maken van een kraan met afrolwiel als mechanische bescherming. De geleider wordt bij het wegtrekken over de volledige lengte begeleid door het wiel. Bij breuk zal de kabel automatisch naar de grootste tracé worden getrokken en dus het obstakel beschermen. (zie bijlage 5 voor enkele voorbeelden)



Bescherming met afrolwiel

### 3.3. UITWERKEN VAN DE TOEGANGSWEGEN IN SAMENWERKING MET BAM-WEGEN

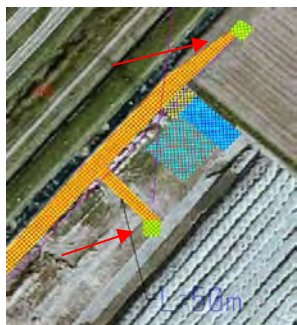
Bij het ontwerp van de toegangswegen wordt gekozen voor het traject die de kleinste impact heeft op de omgeving. Dit wil zeggen dat deze (voor zover mogelijk) starten van de toegangswegen van BAM-Wegen om zo naar de te amoveren masten gaat. Dit traject wordt vastgelegd op een toegangsplan.



Toegangsplan

### 3.4. DEFINIËREN VAN DE VERSCHILLENDE TREK- EN REMSTATIONS IN FUNCTIE VAN PLANNING EN OMGEVING

Het bepalen van deze trek- en remstations gebeurt parallel met het bepalen van de toegangen. Hun inplanting wordt dan ook op dezelfde plannen vastgelegd.



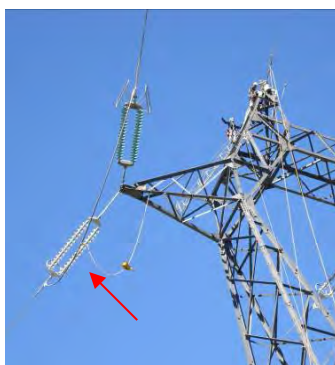
*Inplanting trek- en remstations*



*Trek/Rem machines*

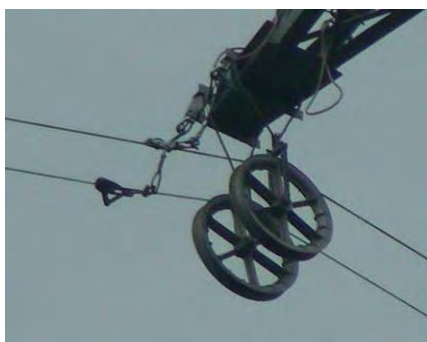
### 3.5. AARDEN VAN DE WERKZONES, OP WIEL LEGGEN EN AMOVEREN VAN DE GELEIDERS

Van zodra we toestemming hebben gekregen om aan te masten te mogen werken (zie ref [B]), worden alle werkzones geard. Onder werk zone wordt verstaan: trek- en reminstallatie, lijnbanken, afrolwielen en de te amoveren geleiders.



*Aarden van werkzones*

Afrolwielen worden in de masten gemonteerd waarin de geleiders worden opgehangen.



*Geleider op afrolwiel*

Eens de twee vorige stappen zijn uitgevoerd, kunnen de geleiders geamoveerd worden met behulp van een trek- en reminstallatie. Hierbij worden de geamoveerde geleiders op een haspel gewikkeld om afgevoerd en verschroot te worden. Eventueel aanwezige ringleidinging en aardelektroden worden ook verwijderd.



*Oprollen van oude geleider op haspel*

Op de trajecten tussen masten 43N en 45, 51 en 55 (tijdelijke omleiding), 55 en 61, 65 en 68 en 71 en 74 bevinden zich geen obstakels onder de lijnen. Daar kunnen we de geleider tot op de grond laten zakken met behulp van lieren. De geleider wordt vervolgens opgerold op conische bobijnen met behulp van een kleinere trekmaschine, of wordt in stukken geknipt en manueel opgerold. In bijlage 6 vindt u een overzicht van de aanbevolen werkmethode per span.

### 3.6. OPTUIEN VAN DE MASTEN WAAR NODIG (MAST 42N, M45, M50, M51, M55, M56, M60, M61, M62, M63, M64, M67, M71, M72, M74, M75)

Om de stabiliteit van de aangrenzende masten te vrijwaren dienen deze opgetuid te worden. Dit wordt gedaan door middel van kabels te spannen tussen de verankeringen van de geleiders die geamoveerd worden en grondankers. De trekkracht in deze tuikabels zal het onevenwicht in krachten opvangen. Zie bijlage 7 voor de technische informatie over het te amoveren tracé.



*Tuikabels*



*Grondverankeringen*

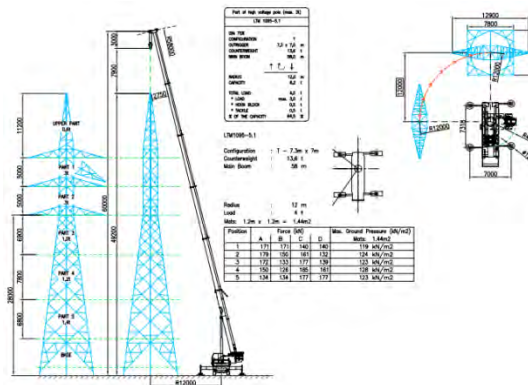
Om ongevallen te voorkomen worden deze grondverankeringen beveiligd door een mobiele afsluiting type "Heras". Indien nodig wordt het gebied ook bewaakt door een bewakingsagent.



*Afbakening van een grondverankering*

### 3.7. AMOVATIE VAN ALLE MASTEN MET KRAAN

Voor het amoveren van een mast dient een keuze gemaakt te worden voor het type kraan. Deze is afhankelijk van factoren zoals de hoogte en het gewicht van de onderdelen. Een bijkomende factor is de afstand van de kraan ten opzicht van de mast. Deze gegevens worden vastgelegd op een hijsplan door het kraanbedrijf.



Hijsplan

Bij het amoveren worden de mastelementen één voor één naar beneden gelaten en neergezet op een geotextiel zodat schilfers en rest materiaal kunnen worden opgevangen.



Amoveren van mastelementen

### 3.8. KNIPPEN VAN DE GEAMOVEERDE MASTELEMENTEN OP DOEK OM KNIP- EN VERFSCHILFERS OP TE VANGEN

Eens neergezet worden de mastelementen geknipt tot kleinere onderdelen door middel van een hydraulische knipschaar.



*Knippen van mast elementen*

### 3.9. AFVOER VAN DE AFKOMENDE MATERIALEN

De geknipte mastonderdelen worden in containers geladen en afgevoerd naar een gespecialiseerd bedrijf om verschroot te worden.



*Afvoer van materiaal*

### 3.10. UITBRAAK VAN DE BESTAANDE FUNDERINGEN TOT 2 M ONDER MAAIVELD

Bij het uitbreken van de funderingen worden de stalen sokkels samen met het beton en de wapeningsstaven uitgebroken en afgevoerd tot de afgesproken diepte (afhankelijk van het funderingstype).

### 3.11. AANVULLEN VAN GROND REKENING HOUDEND MET NALINK ( INCL. “SCHOON GROND” VERKLARING )

De ontstane uitgravingen worden opgevuld met aangevoerde grond (uit ontgraving nieuwe fundaties). De kwaliteit en samenstelling van deze grond wordt gewaarborgd door de “schoon grond” verklaring. Het terrein wordt achtergelaten conform de overeenkomst met de landeigenaar.



*Aanvullen van grond*

### 3.12. CONTROLE EN OPKUIS OMGEVING OP RESTANTEN VAN BETONNEN DELEN

Voor het verlaten van de werkzone wordt er nagegaan of alle betonnen delen weg zijn. Hierbij wordt er ook nagegaan of er geen verf- of metaalschilders afkomstig van het knippen overblijft.

## 4. VEILIGHEID

De veiligheidsaspecten worden opgenomen en besproken in een specifieke risicoanalyse. In bijlage 8 ziet u hiervan een voorbeeld. Deze specifieke risicoanalyse wordt opgesteld alvorens de werken van start gaan en krijgt meer een meer vorm naargelang de voorbereidingen vorderen.

Bijzondere aandachtspunten zijn onder andere:

- Veiligheid van derden
- Veiligheid van eigen personeel
- Inductie
- Val van personen
- Val van voorwerpen
- Persoonlijke beschermingsmiddelen

Deze worden specifiek besproken in werkprocedures en herhaald aan alle personeelsleden onder de vorm van kick-off, onthaal op de werf, toolbox meetings, LMRA, veiligheidsinspecties, enz..

De project specifieke risico's, organisatie documenten, veiligheidsbeleid plan, VNB's, ... zullen worden opgenomen in een V&G plan alvorens de werken van start gaan.



## **5. BIJLAGEN**

- Bijlage 1 Bescherming en signalisatie
- Bijlage 2 Jukken met 4 en 5 balken
- Bijlage 3 Beschermingskraan met net
- Bijlage 4 Beschermingen met stelling plus net
- Bijlage 5 Beschermingskraan met afrolwiel
- Bijlage 6 Werkmethode per tracé
- Bijlage 7 Technische informatie te amoveren tracé
- Bijlage 8 Algemene veiligheids documenten



**BIJLAGE 1**

Bescherming en signalisatie

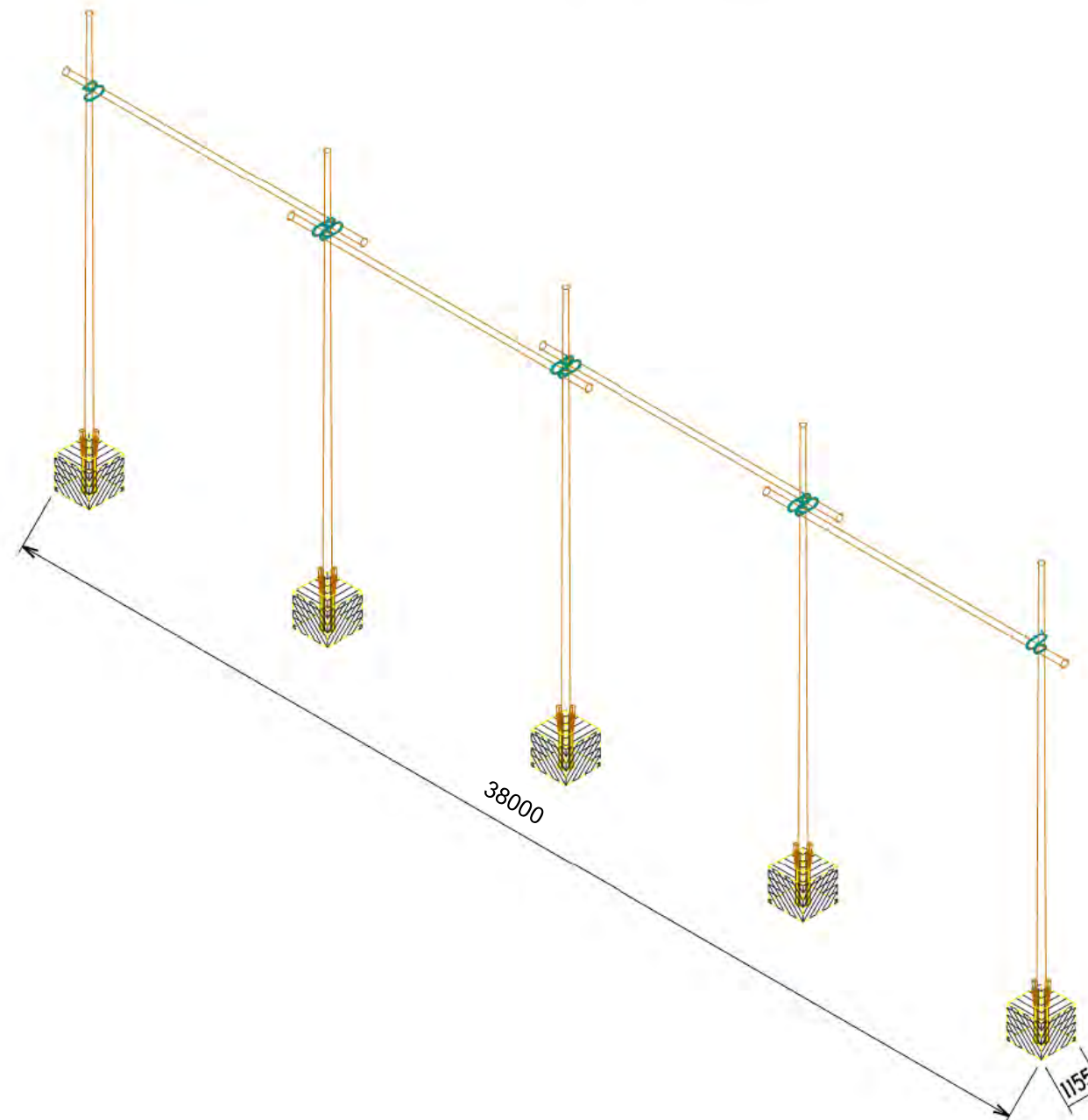
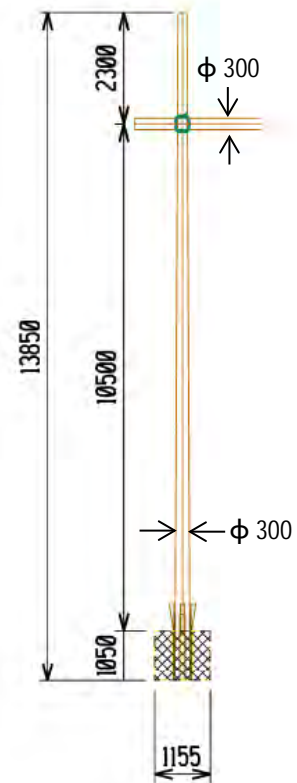
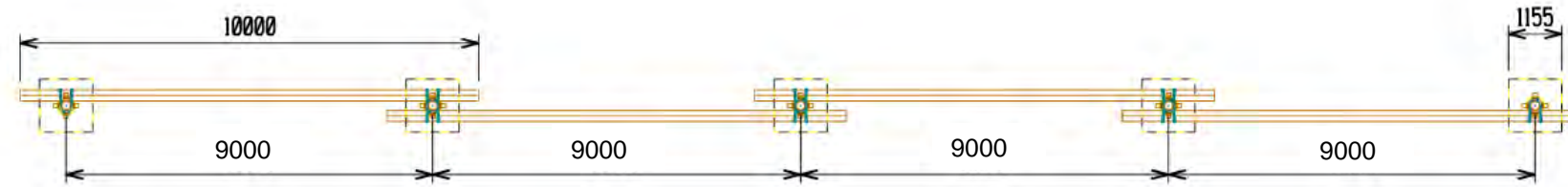
MAST of VELD	BESCHRIJVING HINDERNIS	houten JUK met 4 horizontale liggers	houten JUK met 5 horizontale liggers	Houten JUK met 9 horizontale liggers	Specifiek		Wegsignalisatie
YMM42A-YMM43	veldweg				afsluiten met Heras		
YMM43-YMM44	Rottedijk				afsluiten met Heras		
YMM44-YMM45	veldweg				afsluiten met Heras		
YMM45-YMM46	fietspad Noorddijk	JUKA25					
YMM46 tot en met YMM49	GOLFBAAN BENTWOUD						
YMM50-YMM51	2 vaksbaan Hoogeveensweg	JUKA23 + JUKA24					voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
YMM54-YMM55	Westeinde	JUKA21 + JUKA22					
YMM59-YMM60	Vierheemskinderenweg	JUKA20					
YMM61-YMM62	4 vaksbaan N11 + fietspad						afsluiten met tussenstappen van 15minuten tijdens 5 nachten
	spoorlijn				2 kranen met afrolwiel + Hoogwerker		afsluiten met tussenstappen van 15minuten tijdens 5 nachten
YMM63-YMM64	Rijndijk + fietspad		JUKA18 + JUKA19		stelling voor fietspad STEL-F.02		
	Hondsdijk + fietspad		JUKA16 + JUKA17		stelling voor fietspad STEL-F.01		
YMM72-YMM73	Bospolder	JUKA14 + JUKA15				ALTERNATIEF : Verwijderen geleiders met rollenlijn ( of alternatieve ) methode waarbij geen jukken of kranen dienen geplaatst te worden. Enkel stopzetten van het verkeer gedurende perioden van +/- 15 minuten ( overdag of 's nachts ) vereist.	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	afrit Rijksweg A4	JUKA13 + JUKA14					voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	oprit Rijksweg A4	JUKA12 + JUKA13					voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	spoorlijn				Stelling STELA03 + 04		
YMM73-YMM74	Rijksweg A4 + oprit Rijksweg A4				Stelling voor A4 STELA01 + STELA02		voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	oprit Rijksweg A4			JUKA09 + JUKA10			voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	Shell complex			JUKA07A + JUKA07B+ JUKA07 + JUKA08			
	afrit N446 + fietspad			JUKA04 + JUKA05 + JUKA06			voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
	Zuidzijderweg + nieuwe complex			JUKA2+ JUKA2A + JUK03			voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaats en wegnemen jukken
YMM74-YMM75	Bospad	JUKA01D					
	Volkstuintjes/camping	JUKA01A + JUKA01B + JUKA01C					

Voor het overzichtsplaan met een situatieschets refereren we naar het document 'R3N-TEK-001\_018'

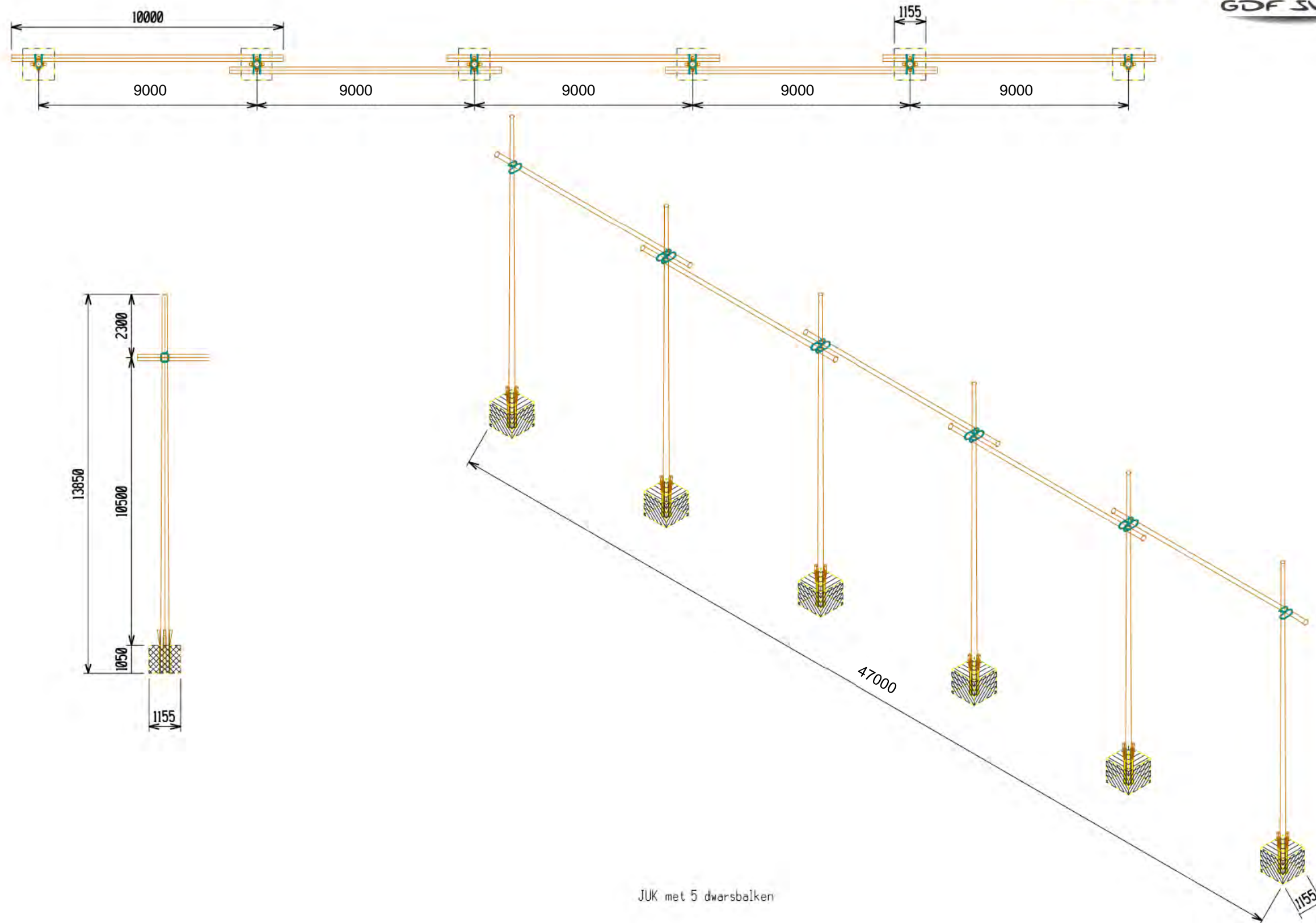


**BIJLAGE 2**

Jukken met 4 en 5 balken



JUK met 4 dwarsbalken



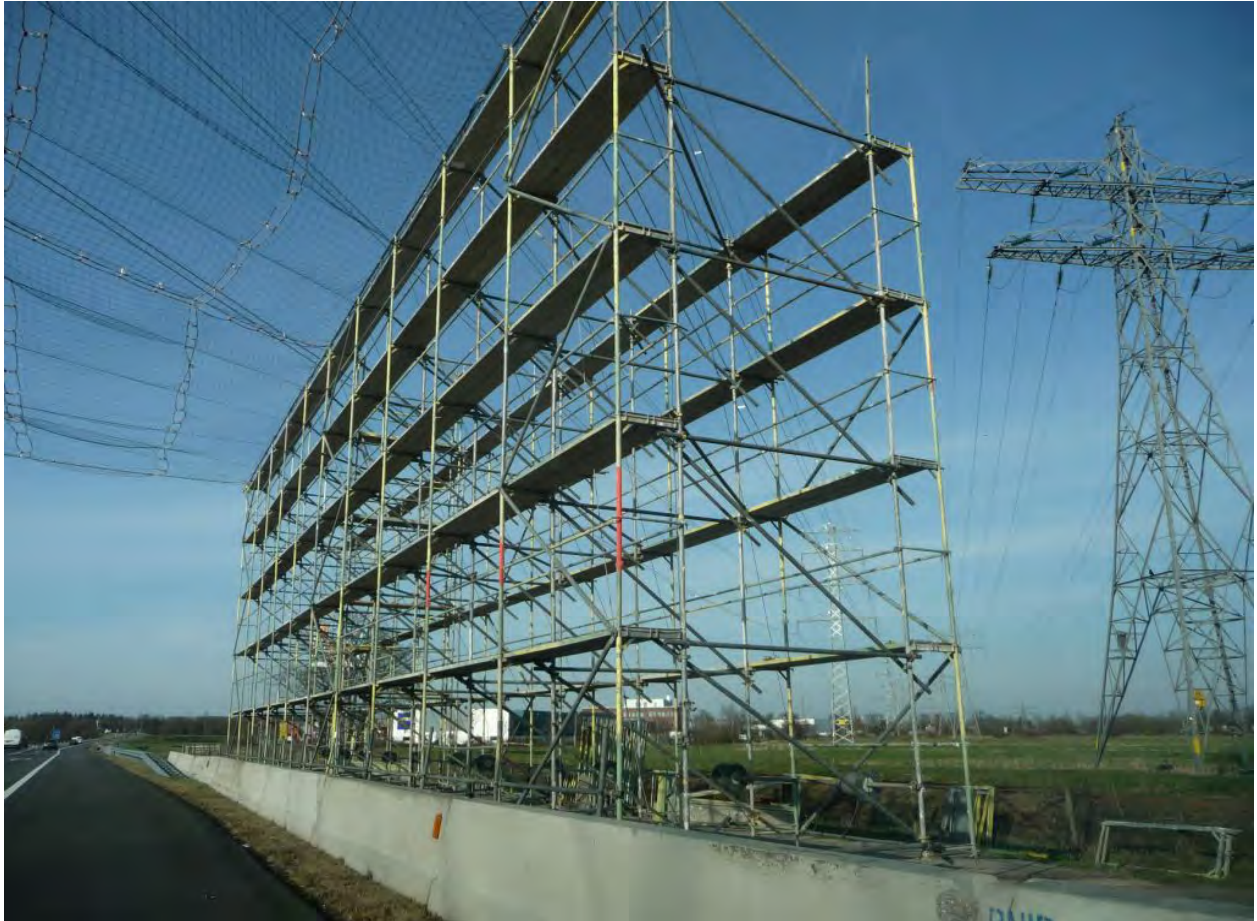
### BIJLAGE 3

#### Beschermingskraan met net



## BIJLAGE 4

Beschermingen met stelling plus net



**BIJLAGE 5**

Beschermingskraan met afrolwiel



**BIJLAGE 6**

Werkmethode per tracé

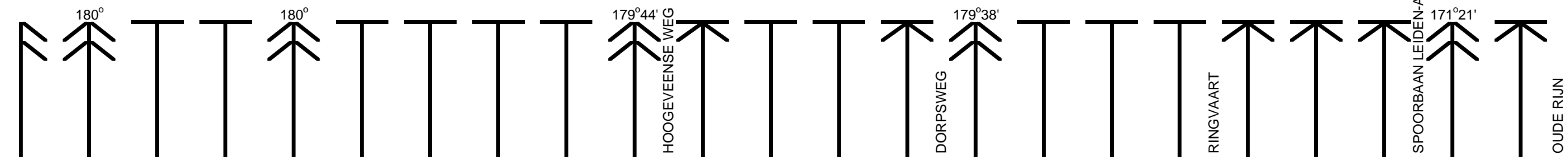
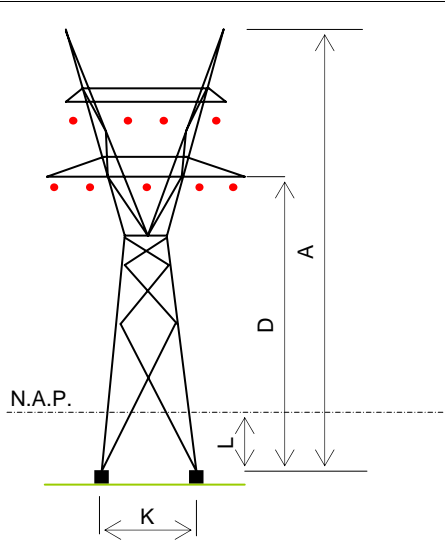
<b>OVERZICHT AMOVATIE VAN DE KABELS</b>			
<b>mast</b>	<b>type bevestiging</b>	<b>span</b>	<b>tir</b>
juk	afspanning	juk-42N	42N-44: kabel laten zakken
42N	dubbele afspanning	42N-43	
43	enkele ophanging	43-44	
44	enkele ophanging	44-45	
			machine tir 45-50 mast 45 tuien
45	dubbele afspanning	45-46	45-50: kabel weggrollen
46	enkele ophanging	46-47	
47	enkele ophanging	47-48	
48	enkele ophanging	48-49	
49	enkele ophanging	49-50	
50	dubbele afspanning	50-51	
51	halfverankering	51-52	51-55: kabel laten zakken
52	enkele ophanging	52-portaal	
53 (later portaal)	enkele ophanging	53-54	
54 (later portaal)	halfverankering	portaal-55	
55	dubbele afspanning	55-56	
56	enkele ophanging	56-57	55-60: kabel laten zakken
57	enkele ophanging	57-58	
58	enkele ophanging	58-59	
59	halfverankering	59-60	
60	halfverankering	60-61	
61	halfverankering	61-62	61-62: kabel weggrollen
62	dubbele afspanning	62-63	machine tir 61-62 / machine tir 63-64 mast 62 of 63 tuien afhankelijk van volgorde tirs
63	halfverankering	63-64	63-64: kabel weggrollen
64	halfverankering	64-65	machine tir 63-64 mast 64 of 65 tuien afhankelijk van volgorde tirs
65	dubbele afspanning	65-66	65-68: kabel laten zakken
66	halfverankering	66-67	
67	halfverankering	67-68	
68	dubbele afspanning	68-69	
69	halfverankering	69-70	68-71: kabel laten zakken
70	halfverankering	70-71	
71	halfverankering	71-72	
72	halfverankering	72-73	71-74: kabel laten zakken
73	dubbele afspanning	73-74	
74	halfverankering		





**BIJLAGE 7**

Technische informatie te amoveren tracé



MAST	NR.																																
	TYPE	JUK	42N	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63									
	HOOFDMATEN	A	ES	EHD	DD	DD	HU	DD	DD	DD	DD	HU	DD	DD	DD	HU	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	HU	DF								
		D	12,00	31,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	84,00							
MAAT t.o.v. N.A.P.	K	7,00	18,00	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	62,00								
		L		10,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	16,00								
LENGTE	VELDLENGTE		30,05	304,94	424,87	430,07	528,62	427,19	426,43	426,36	427,77	439,53	431,50	431,44	432,44	419,21	420,39	431,72	391,70	412,98	437,85	437,72	455,45	358,52									
	VAKLENGTE		30,05	1159,88				2136,37				2154,12				2987,81																	
SAMENSTELLING	STROOMGELEIDER	2xCu 185mm <sup>2</sup> σ=40N/mm <sup>2</sup>												2x Cu 185mm <sup>2</sup> σ=135N/mm <sup>2</sup>																			
	BLIKSEMGELEIDER	Br 50mm <sup>2</sup> σ=60N/mm <sup>2</sup>												Br 50mm <sup>2</sup> σ=215N/mm <sup>2</sup>																			
WEGKAART		1772				1773				1774				1775				1776				1777				1778				1779			
GEMEENTE		ZEVENHUIZEN-MOERKAPELLE								RIJNWOUDE																							

TYPE BEVESTIGING		MAST	
SYMBOOL	BENAMING	TYPE	AANTAL
↑	ENKELE AFSPANNING	DD	24
		DE	4
		DF	2
		DH	1
		HU	6
↑↑	DUBBELE AFSPANNING	HV	2
		HW	2
		HX	1
		EHD	2
		ES	2
T	ENKELE OPHANGING	TOTAAL	46
↑↑↑	DUBBELE OPHANGING		
↑↑↑↑	HALF-VERANKERING		
↑↑↑↑↑	EXTRA BEVEILIGING BEVEILIGING 1 ZIJDE		
↑↑↑↑↑↑	EXTRA BEVEILIGING BEVEILIGING 2 ZIJDEN		

64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	JUK						
DF	HU	DD	DD	HV	DD	DD	DD	DD	HU	DD	DD	HV	DE	DE	HW	DE	DH	HX	DE	HW	EHD	ES						
84,00	53,00	53,00	53,00	54,50	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	54,50	53,00	53,00	54,50	53,00	84,00	89,00	53,00	54,50	31,00	12,00						
62,00	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	62,00	67,00	38,50	38,50	18,00	7,00						
16,00	12,00	12,00	12,00	13,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,00	12,00	12,00	13,00	12,00	16,00	18,00	12,00	13,00	10,00							
0,16+	0,50-	0,47-	0,37-	0,08-	0,73-	0,76-	0,82-	0,68-	0,93-	0,88-	1,17-	0,87-	0,76-	0,58-	0,90-	0,71-	0,19-	1,48+	0,46-	0,05-	0,58+							
253,24	543,86	455,32	427,71	456,77	465,00	431,85	460,02	404,27	324,81	426,52	395,15	419,26	315,90	360,41	383,12	453,68	534,83	388,56	482,05	387,19	251,03	26,57						
1155,62		1339,80				2085,95				1240,93				1059,43				1377,07				869,24		251,03	26,57			
																						2xCu 185mm <sup>2</sup> σ=135N/mm <sup>2</sup>		2xCu 185mm <sup>2</sup> σ=40N/mm <sup>2</sup>				
																						Br 50mm <sup>2</sup> σ=215N/mm <sup>2</sup>		Br 50mm <sup>2</sup> σ=60N/mm <sup>2</sup>				
1779	1780				1781				1782				1783				1784				1785				1786			
RIJNWOUDE																LEIDERDORP				LEIDEN								

TOTALE LENGTE 17873,87

ZT-LD150

**BV065-2**


150kV verb. Zoetermeer - Leiden

blad 1 / 1      wijziging: V 26-03-08



**BIJLAGE 8**

Algemene veiligheids documenten

		<b>"Cross Control" Lines</b> <b>Veiligheidsconsigne / Consigne de sécurité</b>		<i>Equipe / ploeg:</i>	
WERF / CHANTIER DATUM / DATE					
VERANTWOORDELIJKE VOOR HET WERK RESPONSABLE DU CHANTIER			<b>GSM</b>		
UIT TE VOEREN WERKEN TRAVAUX À RÉALISER					
LIJNEN OF APPARATEN <b>BUITEN SPANNING</b>  LIGNES OU APPAREILLAGES <b>HORS TENSION</b>					
LIJNEN OF APPARATEN <b>ONDER SPANNING*</b> ( <b>GEVAAR</b> ) LIGNES OU APPAREILLAGES <b>SOUS TENSION*</b> ( <b>DANGER</b> )					
AANVANG DER WERKEN : UUR			EINDE DER WERKEN : UUR		
DÉBUT DES TRAVAUX : HEURE			FIN DES TRAVAUX : HEURE		
NAAM NOM	HANDTEKENING SIGNATURE	NAAM NOM	HANTEKENING SIGNATURE		

KICK-OFF MEETING

Intern gebruik / Usage interne:

Extern gebruik / Usage externe:

Onderaannemer / Sous-traitant:

WBS-n°: R-029283-100		Datum / Date : ...../...../.....	
Verdeling /Diffusion : werf - chantier / MDT / CDE / WKU / LWO / BDD / Preventiedienst - Service de Prévention			
Opgesteld door / Etabli par : .....		Handtekening / Signature: .....	
Aanwezigen / Présences: .....			
<b>Het werk</b>	<b>Le travail</b>		
Algemene planning van de klant	Planning général du client	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Uitgewerkte planning	Planning interne détaillé	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Projectplan (met risicoanalyse)	Plan de projet (avec analyse des risques)	O.K. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Risicovolle werken</b>	<b>Travaux à risques</b>		
Onder spanning	Sous tension	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Hoogtewerker - Vorkheftruck - Kraan	Élévateur à fourche - Élévateur - Grue	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Werkzaamheden langs de wegen	Travaux au voisinage des routes	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Werkzaamheden langs het water	Travaux à proximité de l'eau	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Hijswerkzaamheden	Levage	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Asbest	Amiante	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Organisatie</b>	<b>Organisation</b>		
Organigram van de klant	Organigramme du client	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Organigram werf	Organigramme Chantier	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
V-verantwoordelijke op site	Responsable de sécurité sur site	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Uurooster	Horaire	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Reglementen en procedures</b>	<b>Règlements et procédures</b>		
Specifieke PBM's	EPI's spécifiques	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Bijzondere regels opdrachtgever	Règles particulières du client	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Gebruik van werkvergunning	Utilisation du permis de travail	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Gebruik van werkvergunning	Utilisation du permis de feu	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Gebruik van stellingen	Utilisation d'échafaudages	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Documenten A-ongeval aanwezig ?	Documents Accidents présents?	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Werken met specifieke opleiding nodig ?	Travaux exigeant une formation spécifique	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Afbakening van gevaarlijke zones	Délimitation des zones dangereuses	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Orde en netheid op de werf (doorgangen)	Ordre et propreté du chantier (passages)	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Personeelvervoer	Transport de personnel	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Mogelijkheden tot parkeren	Emplacement de parkings	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Specifieke werkvergunning(en)	Permis de travail spécifique(s)	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Gevaarlijke producten</b>	<b>Produits dangereux</b>		
Eigen levering	Fournis par nos soins	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Geleverd door de klant	Fournis par le client	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Geleverd door derde	Fournis par des tiers	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Noodsituaties</b>	<b>Situations d'urgence</b>		
Noodtelefoonnummers	Numéros d'appel d'urgence	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Hulpverleners	Secouriste	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
EHBO-kist	Boîte de secours	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Werfinstallatie</b>	<b>Installation chantier</b>		
Keuring door erkend organisme	Contrôle par organisme agréé	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Orde en netheid	Ordre et propreté	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Sanitaire installatie	Installation sanitaire	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Toegankelijkheid	Accès installation chantier	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Materieel voor werfinstallatie beschikbaar	Disponibilité du matériel utile à l'installation	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Affichering van documenten	Affichage des documents	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Onderhoudsproducten	Produits d'entretien	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Nutsvoorzieningen</b>	<b>Utilités</b>		
Electriciteit	Electricité	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Water	Eau	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Telefoon	Téléphone	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Afvoer afvalwater	Evacuation des eaux usées	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Afval</b>	<b>Déchets</b>		
Afvalophaling	Enlèvement des déchets	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Scheiden van afval / container	Tri des déchets - Conteneurs	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>Arbeidsmiddelen</b>	<b>Equipements de travail</b>		
Nodige middelen op werf	Matériel nécessaire sur site	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>In te vullen als een onderaannemer (=O.A.) aanwezig is op de werf</b>	<b>A remplir en cas de présence de sous-traitant (1 document par sous-traitant)</b>		
Inpassing activiteiten O.A. in eigen planning	Insertion de son planning dans le planning général	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Contacten met de klant verlopen uitsluitend via werfleider	Tout contact avec le client via le chef de chantier	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
V-plan O.A. doornemen	Vérification de son propre plan de sécurité	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Gevaarlijke producten geleverd door O.A.	Produits dangereux utilisés par le sous-traitant	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
Eigen werfinstallatie	Installation de chantier propre	O.K. <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/>	.....
<b>In het geval het volledige werk aan de O.A. uitgegeven werd :</b>	<b>Dans le cas où le travail entier serait donné à un sous-traitant(s) (S.T.):</b>		
O.A. geeft toolbox meetings aan zijn			
(*) personeel	* Le S.T. donne des 'toolbox meetings' à son personnel	O.K. <input type="checkbox"/>	.....
Lijst van zijn werknemers op de werf up to	Le S.T. a une liste à jour de présence de son		
(*) date houden	personnel sur le chantier	O.K. <input type="checkbox"/>	.....
Onthaal op de werf organiseren voor zijn	Le S.T. organise l'accueil sur le chantier pour son		
(*) personeel	personnel	O.K. <input type="checkbox"/>	.....
= Ingevulde formulieren zijn steeds op de	= Les formulaires remplis sont toujours présent		
(*) werf aanwezig	(*) sur le chantier		
Voor akkoord: Naam vertegenwoordiger O.A.:	Handtekening:		
Pour accord: Nom du représentant du sous-traitant:	Signature:		

**TOOLBOX-MEETING**



**BELGIAN & INTERNATIONAL OPERATIONS -**

Division : **High Voltage** Department : **Lines**

IN TE VULLEN DOOR WERFLEIDER - A REMPLIR PAR LE CHEF DE CHANTIER	Project : <input type="text"/>		WBS <b>R-029283-100</b>	Datum : <input type="text"/>
	Verdeling : <b>Werk Project</b> / <b>MDT / CDE / LWO</b> (SEM ) / <b>WKU / BDD</b>		Dienst Preventie / Afdeling Veiligheid	
	Diffusion : <b>Chantier</b> /		(DEM) / Service Prévention	
	<b>Toolbox gehouden door :</b>			
	<b>Toolbox tenu par :</b>			
	<b>Naam - Nom</b>		<b>Functie - Fonction</b>	<b>Handtekening - Signature</b>
	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<b>Besproken onderwerpen - Sujets discutés</b>			
	<b>Maandthema - Thème mensuel:</b>			
	<input type="text"/>			
<b>Opmerkingen tijdens het laatste veiligheidsprojectbezoek - Remarques de la dernière visite de sécurité de projet:</b>				
<input type="text"/>				
<b>Projectgebonden risico's - Risques liés au projet:</b>				
<input type="text"/>				
<b>Ongeval &amp; Incident te melden - Accident &amp; Incident à mentionner:</b>				
Waar en wanneer - Où et quand:		<input type="text"/>		
Wat - Quoi :		<input type="text"/>		
Preventieve actie - Action préventive:		<input type="text"/>		
<b>Rondvraag - Tour de table:</b>				
<input type="text"/>				
IN TE VULLEN DOOR DEELNEMERS - A REMPLIR PAR LES PARTICIPANTS	<b>Aanwezigen - Présences:</b>			
	<b>Naam - Voornaam / Nom - Prénom</b>		<b>Firma - Firma</b>	<b>Handtekening - Signature</b>
	1.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	2.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	3.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	7.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	8.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	9.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	10.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	11.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	12.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	13.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	14.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	15.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	16.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	17.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	18.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	19.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	20.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	21.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	22.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	23.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
24.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

VOLGORDE VAN DE WERKZAAMHEDEN	RISICO	OORZAAK	BESCHERMINGSMIDDELEN / MAATREGELEN
<b>0. Aanleg en inrichting van de werfopslagplaats en verkeer in de opslagplaats en op het openbaar domein</b>			
<b>0.1. Opslagplaats</b>	Val - personeel - voorwerpen  Elektrische risico's	- onstabiel opslaan van goederen - onbekwaamheid of onvoldoende informatie van personeel - hindernissen in de doorgang  - slecht geïsoleerde elementen onder spanning - aansluitingen / uitrustingen " die niet volgens de voorschriften geïnstalleerd, hersteld of onderhouden zijn "	- materieel en materiaal op doordachte wijze opstapelen - voldoende afstand laten tussen de voorwerpen  - PBM en CBM gebuiken - informatie en opleiding van personeel - alle materiaal en materieel uit de doorgangen verwijderen  - een periodieke controle laten uitvoeren door een bekwaam persoon en de herstellingen of aanpassingen van het netwerk toevertrouwen aan gekwalificeerd personeel
<b>0.2. Orde en netheid</b>	Hygiëne	- afwezigheid van richtlijnen aan het personeel - beschadigingen - vandalisme	- informeren van het personeel - plaatsing van voldoende afvalcontainers
<b>0.3. Verkeer ingeval van onheil</b>	Ontoegankelijk voor hulpdiensten	- geblokkeerde wegen	- indien nodig een toegangsplan opstellen - informeren van het personeel - verbieden de toegangswegen te blokkeren
<b>0.4. Verkeer openbaar domein</b>	Geblokkeerd verkeer	- ontbreken verkeersplan	- eventueel een verkeersplan opstellen in overleg met de bevoegde instanties
	Ontoegankelijk voor hulpdiensten	- geblokkeerde wegen	- informeren van het personeel
<b>1. Funderingen</b>			
<b>1.1. Inplanting</b>	Slechte inplanting	- fout bij het opnieuw uitzetten van de mast  - fout bij het inplanten van de assen	- tegensprekelijk uitzetten van het centrum en de paaltjes van de assen in het bijzijn van de afgevaardigde van bouwheer en aannemer
	Contact met nutsleidingen	- aanwezigheid van kabels/buizen/kanalisaties in de grond	- officiële aanvraag van de plannen aan de verschillende eigenaars van de ondergrondse exploitaties
<b>1.2. "Klassieke" funderingen</b>	Val	- ontbreken van collectief beschermingsmiddel	- opleiding van de bestuurder - opleiding van en instructies aan het personeel - controle op het dragen van de PBM-CMB werkuitrusting
	- Derden	- ontbreken van ladders en/of loopplanken	- afbakening - toegang verbieden voor niet-bevoegde personen
	- Dieren	- aanwezigheid van dieren	- laten weghalen
	Instortingen	- ontbreken en/of te snel verwijderen van de beschoeiing - aard van de bodem	- bescherming tegen instortingen (beschoeiing, bestutting) - instructies aan het personeel
	Contact met bewegende of stilstaande voorwerpen	- aanwezigheid van machines, materiaal en materieel dat al dan niet veel plaats inneemt	- de toegang ontzeggen aan elke persoon wiens aanwezigheid niet absoluut noodzakelijk is - het dragen van de PBM verplichten, CBM - bepalen van veiligheidsafstanden - scholing van het personeel

ALGEMENE RISICOANALYSE LIJNEN

VOLGORDE VAN DE WERKZAAMHEDEN	RISICO	OORZAAK	BESCHERMINGSMIDDELEN / MAATREGELEN
1.3. Funderingen op palen, micropalen en valse putten	Stoten tegen voorwerpen	- de buis steekt uit de grond na het heien	- eventuele installatie van collectieve beschermingsmiddelen (afsluitingen)
	Vallen van voorwerpen	- omvallen van de heilmachine terwijl deze van de ene paal of pyloon naar de andere wordt verplaatst	- de aard van de bodem controleren voor de verplaatsing - demonteren of intrekken van de mast van de machine - volledig demonteren van de machine
	Val in de buis	- buis met een grote diameter (> 70 cm) die uit de grond steekt	- voorlopige afsluiting van de buis  - onmiddellijke vulling (indien mogelijk) - eventuele installatie van collectieve beschermingsmiddelen (afsluitingen)
	Al dan niet elektrische contacten	- aanwezigheid van luchtlijnen  - aanwezigheid van kabels/buizen/kanalisaties in de grond	- de hoogte van de mast controleren - de mast eventueel intrekken tijdens de verplaatsing - verplichting om aan de uitbater de veiligheidsinstructies te vragen (AVIL - BVIL - BVIP) - informeren van het personeel  - uitvoeren van verkennende graafwerken en/of de plannen van de nutsleidingen vragen aan de verschillende maatschappijen
	Verzakking van de grond	- overbelasting van de bodem door de machine tijdens de uitvoering - onstabiele grond	- een platform voor de uitvoering van de palen voorzien  - een kleinere machine gebruiken - voorzien van een "veiligheidszone"
	Contact met bewegende voorwerpen	- rondvliegen van producten (breken van de verbindingaanhechtingen)	- controle van de aansluitingen voor het begin van de activiteit - gebruik van de nodige en verplichte PBM's (werkkledij, regenkledij, bril, helm, veiligheidslaarzen) door het personeel
<b>2. Mastwerken</b>			
<b>2.1. Versteving van de masten - plaatsen van draadstelplaten - plaatsen van Arcusbollen (aarding) - plaatsen van bekabeling voor lichtbekabeling</b>			
- toegang tot de schachten en tot de draagarmen	<b>Risico's verbonden aan de verplaatsingen op en onder de masten :</b> Risico's op vallen :  - personeel - voorwerpen	- ontbreken PBM - CBM - slechte verplaatsingen - onbekwaam gebruik van materiaal  - slechte bevestiging van elementen	Veiligheidsvoorschriften (mechanische en elektrische) - AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning - Gevarezone op de grond  - werkuitrusting (werktuigen) - CBM : collectieve beschermingsmiddelen - PBM : helmen, veiligheidsharnas, schoenen, handschoenen - Opleiden/informeren van het personeel - Verplicht gebruik van de levenslijn vanaf 2m hoogte bij het klimmen in masten
- boren / uitboren	Staalkrullen  Verwondingen (pols)  Risico's te wijten aan de weeromstandigheden  <b>Elektrische en elektromagnetische risico's</b>	- krullen en splinters  - boren zonder automatische ontkoppeling  - wind, rijm, ijs, sneeuw, regen op geverfde oppervlakten, onweer	- gebruik van magneten - dragen van een bril  - keuze van de werktuigen (boor met ontkoppeling)  - voorschriften betreffende slechte weersomstandigheden (gladde oppervlakten, windkracht, onweer)  - Veiligheidsvoorschriften (mechanische en elektrische) - AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning)
- toegang	<b>Blootstelling aan of elektrisch contact</b>	- draadstellen onder spanning	- ter beschikking stellen van een draadstel  - Identificatie van de draadstel(len) die onder spanning staan - schema van de lijn - waarschuwingssysteem voor een draadstel onder spanning (vlaggen)
- gebruik van elektrische machines en werktuigen - elektrische groepen - boren, slijpschijven, boutschroeven	Blootstelling aan of elektrisch contact	- aansluitingen - werktuigen die niet volgens de voorschriften onderhouden of hersteld zijn	- controle - test  - dubbele isolatie



VOLGORDE VAN DE WERKZAAMHEDEN	RISICO	OORZAAK	BESCHERMINGSMIDDELEN / MAATREGELEN
<p><b>2.2. Samenvoegen van een mast op de grond</b></p> <p>- sortering - samenvoegen (kraan)</p> <p>- gebruik elektrische groepen - boren, boutschroeven</p> <p>- werken in de buurt van een lijn in dienst of in een hoogspanningspost</p>	<p>Risico op vallen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- personeel</li> <li>- voorwerpen</li> </ul> <p>Blootstelling aan of elektrisch contact</p> <p>- contact met de HS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slecht opslaan van hoekijzers</li> <li>- onstabiele geassembleerde stukken</li> <li>- hindernissen</li> <li>- onbekwaam of onvoldoende geïnformeerd personeel</li> <li>- aansluitingen - werktuigen die niet volgens de voorschriften onderhouden of hersteld zijn</li> <li>- onbekwaam of onvoldoende opgeleid en geïnformeerd personeel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- voorschriften (mechanische) AVIL - BVIL - BVIP</li> <li>- PBM (helm, veiligheidsharnassen, schoenen en handschoenen)</li> <li>- ladders</li> <li>- eventueel afbakenen van de werkzone</li> <li>- informeren en opleiden van personeel</li> <li>- doorgangen vrijmaken</li> <li>- controle - test</li> <li>- dubbele isolatie</li> <li>- opleiding - informatie</li> <li>- PBM - CBM - werkkuitrusting</li> <li>- AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning</li> <li>- afbakening van de zones</li> </ul>
<p><b>2.3. Hijsen van een mast met de kraan - afbreken voor herbruiken of sloop</b></p>	<p>- Verzakking van het terrein</p> <p>Instorting van de kraan of van de werkbak (tijdens gebruik)</p> <p>Vallen van voorwerpen tijdens het optillen van elementen en de bevestiging ervan</p> <p>Gewelddadig contact tussen de kraan/werkbak en het personeel</p> <p>Blootstelling aan of elektrisch contact</p> <p>Val van mensen die op een bepaalde hoogte werken</p> <p>Val van voorwerpen tijdens hun gebruik</p> <p>Inspanningen, verkeerde bewegingen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- onstabiele bodem of ondergrond</li> <li>- onbekwaam gebruik, overbelasting</li> <li>- slechte bevestiging van elementen</li> <li>- onervaren kraanman</li> <li>- te snelle verplaatsing van voorwerpen</li> <li>- aanwezigheid luchtlijnen en/of spanning</li> <li>- niet naleven van de elektrische veiligheidsafstanden - AVIL - BVIL</li> <li>- slechte verplaatsingen</li> <li>- ontbreken van PBM</li> <li>- aanwezigheid van hindernissen</li> <li>- elektrische schok terwijl men in de mast klimt met een of meerdere draadstellen onder spanning</li> <li>- verkeerde werkmethode</li> <li>- materieel dat uit de handen valt</li> <li>- breken van het bevestigingsmateriaal</li> <li>- slechte verankering van de lasten</li> <li>- verkeerde behandeling van de lasten</li> <li>- slechte werkmethode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veiligheidsvoorschriften (mechanische en elektrische) - AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning)</li> <li>- dragen PBM</li> <li>- het vermogen van de kraan berekenen</li> <li>- controle van de kwaliteit van de bodem voor gebruik</li> <li>- voldoende verdeling van de druk over de grond</li> <li>- inspectie door de kraanman en of door bevoegd personeel</li> <li>- de coördinatie tussen de kraanman en de persoon die de lasten moet bevestigen optimaliseren (walkietalkie en/of signalen)</li> <li>- bekwame personen</li> <li>- medische controle</li> <li>- opleiding van het personeel</li> <li>- de elementen onder spanning loskoppelen alvorens de activiteiten aan het elektrisch netwerk uit te voeren</li> <li>- de positie van de kraan / bak controleren</li> <li>- aan de uitbater van de werken vragen welke voorzorgen men moet nemen en welke afstand men moet respecteren.</li> <li>- op de mast klimmen via de daartoe voorziene uitrustingen ( klimbouten, ladders, ...)</li> <li>- Verplicht gebruik van de levenslijn vanaf 2m hoogte bij het klimmen in masten</li> <li>- gebruik van hoogwerker (portiek)</li> <li>- controle van de werkmethodes</li> <li>- verplichting om de PBM's te dragen (beschermende handschoenen tegen val en inductie, veiligheids-schoenen, werkkledij, helm, veiligheidsharnas)</li> <li>- informeren en opleiden van het uitvoerend personeel</li> <li>- afbakenen van de werkzones en de omgeving van de machines die werken</li> <li>- beperken van het aantal mensen dat aanwezig is ter hoogte van de uitgevoerde werken</li> <li>- opleiden en informeren van het personeel</li> <li>- opleiding en instructies ter attentie van het uitvoerende personeel</li> <li>- controleren of de juiste heftechniek wordt toegepast</li> </ul>
<p><b>2.4. Specifiek geval : hijsen met de kraan - demonteren van een mast in de buurt van een lijn in dienst of in een hoogspanningspost</b></p>	<p>- idem 2.3.</p> <p>- contact met de HS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- onbekwaam of onvoldoende geïnformeerd of opgeleid personeel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opleiding en informatie</li> <li>- PBM - CBM - werkkuitrusting</li> <li>- AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning</li> <li>- afbakenen van de zones</li> </ul>

VOLGORDE VAN DE WERKZAAMHEDEN	RISICO	OORZAAK	BESCHERMINGSMIDDELEN / MAATREGELEN
<p><b>3. Kabelwerken</b></p> <p><b>3.1. Luchtlijnen :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- afrolwielen</li> <li>- koorden/trekkabels(met helicopter)</li> <li>- enkele geleiders</li> <li>- bundelgeleiders</li> <li>- normale aardkabel</li> <li>- OPGW-aardkabel</li> <li>- regelen en op klemmen zetten van de fasegeleiders</li> <li>- regelen en op klemmen zetten van de aardkabel</li> <li>- plaatsen van tegengewichten</li> <li>- aanbrengen van afstandhouders</li> <li>- aanbrengen van bebakeningsbollen</li> <li>- uitvoering afdaling op portiek post</li> <li>- bescherming door portieken</li> <li>- <u>speciale beschermingen :</u></li> <li>. geëlektrificeerde NMBS</li> <li>. autosnelweg / expressway</li> <li>. kanaal</li> <li>. overspannen of naburige MS-lijnen</li> <li>. overspannen of naburige HS-lijnen</li> </ul>	<p>Risico's verbonden aan verplaatsingen op of onder masten :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- onderhoud materieel ; materiaal ; machines ; monteren</li> <li>- portieken</li> <li>- Val : <ul style="list-style-type: none"> <li>- personeel</li> <li>- voorwerpen</li> </ul> </li> <li>- geklemd raken tussen draaiende voorwerpen (machines, afrolwielen, ...)</li> <li>- breken van de bevestiging van de uitrustingen aan het uiteinde van het draagvlak of slechte bevestiging</li> <li>- risico's te wijten aan de weersomstandigheden</li> <li>- breken trekkabel of kabel</li> <li>- val van de helikopter bij het trekken van de trekkabels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ontbreken PBM</li> <li>- slechte radioverbindingen</li> <li>- ontbreken PBM</li> <li>- onaangepaste methode</li> <li>- onbekwaamheid - onvoldoende kennis van het personeel</li> <li>- slechte bescherming van het materieel</li> <li>- slecht opgeleid of geïnformeerd personeel</li> <li>- wind - rijm - ijzel - sneeuw - regen op geverfde oppervlakte - onweer</li> <li>- overbelasting van het gebuikte materieel</li> <li>- slechte bevestiging van het materieel</li> <li>- wegschuiven van de geleiders</li> <li>- slechte weersomstandigheden (mist, wind, ...)</li> <li>- aanzienlijke overbelasting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veiligheidsvoorschriften(mechanische en elektrische) AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning</li> <li>- zie nota Tractebel : soins à apporter aux conducteurs lors de leurs tirage (GGLIGNE4D 2531772 rev 03 van 03/05/95)</li> <li>- veiligheidsdocumenten voor toegang snijdingsbonnen, vlaggen,...)</li> <li>- gevarenczones respecteren (onder de masten, rond de machines, in de posten)</li> <li>- dragen PBM</li> <li>- zenders - ontvangers -GSM</li> <li>- PBM : helmen, harnas, schoenen, handschoenen</li> <li>- werkkuitrusting (werktuigen)</li> <li>- CBM : collectieve veiligheidsuitrusting</li> <li>- ladders</li> <li>- opleiding - instructies</li> <li>- hoogwerker voor werken op portiek post</li> <li>- Verplicht gebruik van de levenslijn vanaf 2m hoogte bij het klimmen in masten</li> <li>- controleren of de beveiligingen doeltreffend werken</li> <li>- periodieke controle van het materieel</li> <li>- doc EBL (15-06-1986)</li> <li>- voorschriften betreffende slechte weersomstandigheden (gladde oppervlakten - windkracht - onweer)</li> <li>- periodieke controle van het materieel</li> <li>- opleiden / informeren van het personeel</li> <li>- vlucht verbieden</li> <li>- systeem voorzien om trekkabel los te laten</li> </ul>

VOLGORDE VAN DE WERKZAAMHEDEN	RISICO	OORZAAK	BESCHERMINGSMIDDELEN / MAATREGELEN
<p><u>Werken op en onder de masten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toegang</li> <li>- gebruik van elektrische machines en werktuigen</li> <li>- Werken aan de binnen- en buitenkant van de masten</li> <li>- werken met zwaar materieel en kabels op de grond</li> <li>- werken op enkele of gebundelde fasegeleiders</li> <li>- trekken van een tweede draadstel en een aardkabel</li> <li>- trekken van een aardkabel</li> </ul>	<p><b>Elektrische en elektromagnetische risico's :</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veiligheidsvoorschriften (mechanische en elektrische) AVIL - BVIL - BVIP - werkvergunning</li> </ul>
	<p>1. Blootstelling aan of elektrisch contact</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- draadstellen onder spanning</li> <li>- naburige installaties onder spanning in de posten - aansluitingen die niet volgens de voorschriften onderhouden of hersteld worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zie nota Fab-ERL/DUR 915.545 van 03/05/88 ; goedgekeurd en opgelegd door Tractebel en aanvullende nota van 29/05/91</li> <li>- veiligheidsvoorschriften van de uitbater</li> <li>- afbakenen van de gevaarzones</li> <li>- ter beschikking stellen van één of van de twee draadstellen</li> <li>- identificatie van de draadstellen die onder spanning staan</li> <li>- waarschuwingssysteem van de circuits die onder spanning staan ( vlaggen,...)</li> <li>- AVIL-BVIP-BVIL- werkvergunning</li> <li>- PBM-CBM - werkuitrusting</li> </ul>
	<p>2. Inductierisico's</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- naburige draadstellen onder spanning</li> <li>- naburige installaties onder spanning in de posten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veiligheidsvoorschriften uitbater</li> <li>- afbakenen van de gevaarzones</li> <li>- ter beschikking stellen van één of van de twee draadstellen</li> <li>- identificatie van de draadstellen die onder spanning staan</li> <li>- waarschuwingssysteem van de draadstellen die onder spanning staan ( vlaggen,...)</li> <li>- AVIL-BVIL-BVIP - werkvergunning</li> <li>- PBM-CBM - werkuitrusting</li> <li>- aarding machines (trekmachine - remmachine - haspelwagen)</li> <li>- aarding van de afrolwielen</li> <li>- aarding van de werkzones (ophanging en verankering)</li> <li>- aarding om de vijf masten (aanbevolen)</li> </ul>
<p><b>3.2. Aanbrengen van verlengkabels (geïsoleerde kabels):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- werken in de posten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toegang en verplaatsingen in de posten</li> <li>- elektrisch contact</li> <li>- val</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nabijheid van installaties onder spanning</li> <li>- aanwezigheid luchtlijnen</li> <li>- aanwezigheid kabels - buizen - kanalisaties of dergelijke in de grond</li> <li>- kabelgoten - sleuven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veiligheidsvoorschriften van de uitbater</li> <li>- de werkzones en de toegangen afbakenen</li> <li>- AVIL-BVIL-BVIP- werkvergunning</li> <li>- opleiden en informeren van het personeel</li> <li>- de plannen vragen van alle luchtlijnen en grondkabels</li> <li>- CBM</li> </ul>



Bijlage 9b

Jukkenplan nieuwe lijn



R3N-OWR-0037 Jukkenplan Nieuwe Lijnen

**Project:**  
Randstad 380 kV Noordring

**Opdrachtgever:**  
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
01	06-08-2013	Eerste versie
02	04-10-2013	Aanpassingen aan nieuwe versie overzichtstekeningen
03	15-11-2013	Aanpassingen aan nieuwe versie overzichtstekeningen
04	07-02-2014	Aanpassingen aan nieuwe versie overzichtstekeningen
05	08-04-2014	Aanpassingen aan nieuwe versie overzichtstekeningen
06	24-04-2014	Aanpassingen aan nieuwe versie overzichtstekeningen

Documentnummer: R3N-OWR-0037

<i>Opsteller</i> Koen Pieters Project Leider	<i>Controleur</i> Pieter de Jager Ontwerp Manager	<i>Vrijgever</i> Erik Duwel Project Manager
--	---	---



## Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Erik Duwel	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michaël Desmet	Cofely Fabricom
Koen Pieters	Cofely Fabricom
Hein Pijnappel	Mott McDonald

## Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.



**Inhoudsopgave**

1. *Inleiding* ..... 4  
2. *Definiëren van de nodige beschermingsmaatregelen en verkeersmaatregelen*..... 5  
3. *Bijlagen*..... 5

**Referentie lijst**

Ref	Document naam
[A]	R3N-TEK-001_018 Overzichtstekening



## 1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracté van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt het Jukkenplan voor de bouw van de nieuwe lijnen.



## 2. DEFINIËREN VAN DE NODIGE BESCHERMINGSMATREGELEN EN VERKEERSMATREGELEN

Afhankelijk van de te beschermen obstakels, wordt er gekozen voor specifieke beschermingsmaatregelen:

Afhankelijk van de te beschermen obstakels, wordt er gekozen voor specifieke beschermingsmaatregelen. zie bijlage 3 voor een compleet overzicht:

### A. Houten beschermingsjukken



*Houten beschermingsjuk*

Afhankelijk van de omgeving wordt er gekozen voor het plaatsen van deze jukken in een gegraven put of in een betonblok. Wanneer we werken in de nabijheid van kabels, leidingen of we zijn niet zeker wat er in de ondergrond zit wordt de kuil manueel gegraven (voor een paal van 14m => 1,4m diep). De Jukken/betonblokken worden vervoerd en geïnstalleerd door een aangepaste vrachtwagen met een mobile laadkraan. Tijdens het lossen en installeren op de openbare weg wordt de nodige signalisatie voorzien. Na installatie worden de jukken afgeschermd met jersies of gemarkeerd aan de voet. Zie bijlage 1 voor de verschillende afmetingen.



*Gegraven put*



*betonblok (2,6t)*



*Installatie juk*

### C. Stellingen

Wanneer jukken of kranen niet voldoende kunnen beschermen wordt er geopteerd voor stellingen met netten. Deze kunnen worden aangepast naar gelang de situatie. (zie bijlage 2 voor enkele voorbeelden)



*Stellingen met netten*

### 3. BIJLAGEN

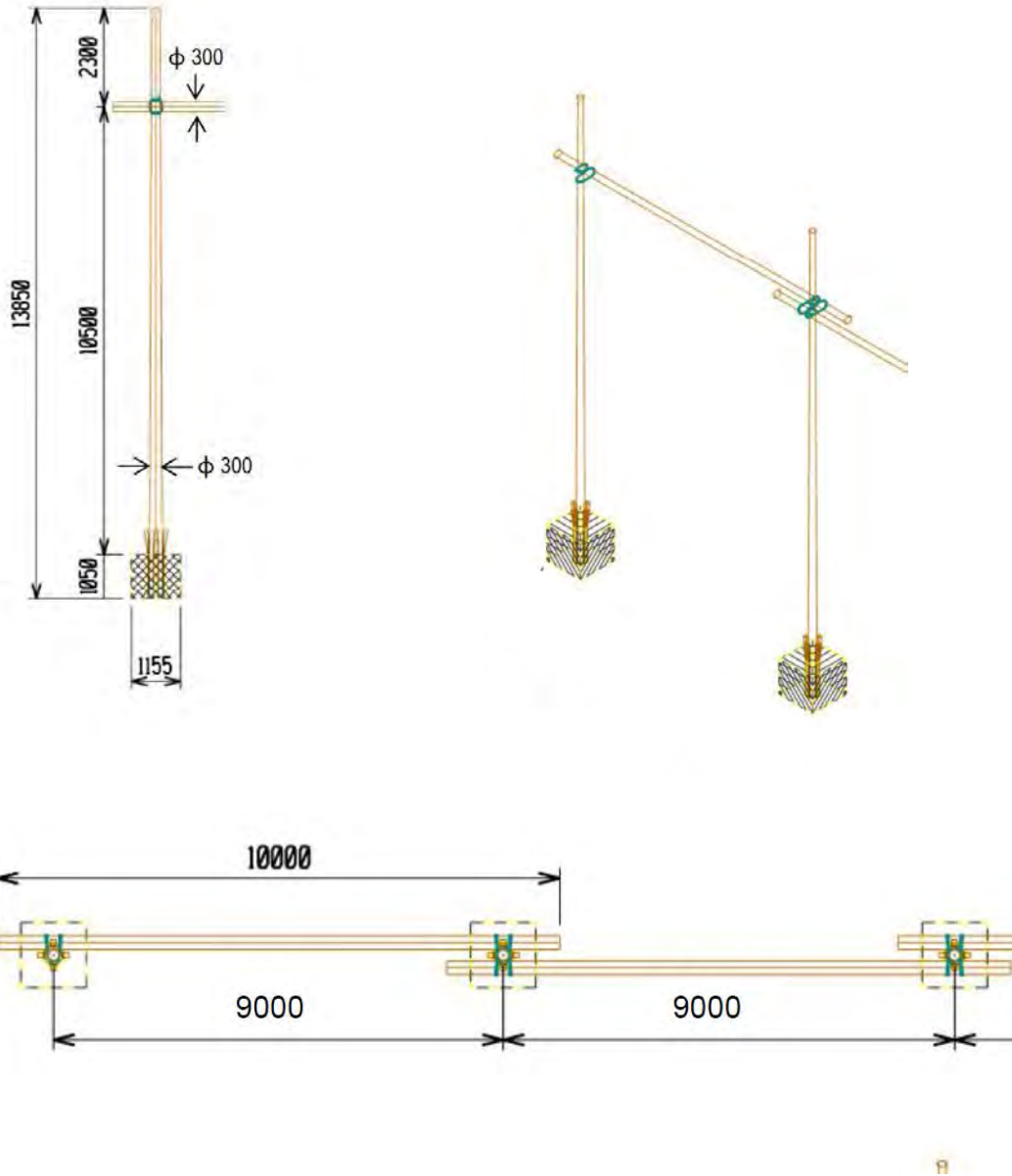
Bijlage 1 Jukken

Bijlage 2 Beschermingen met stelling plus net

Bijlage 3 Bescherming en signalisatie

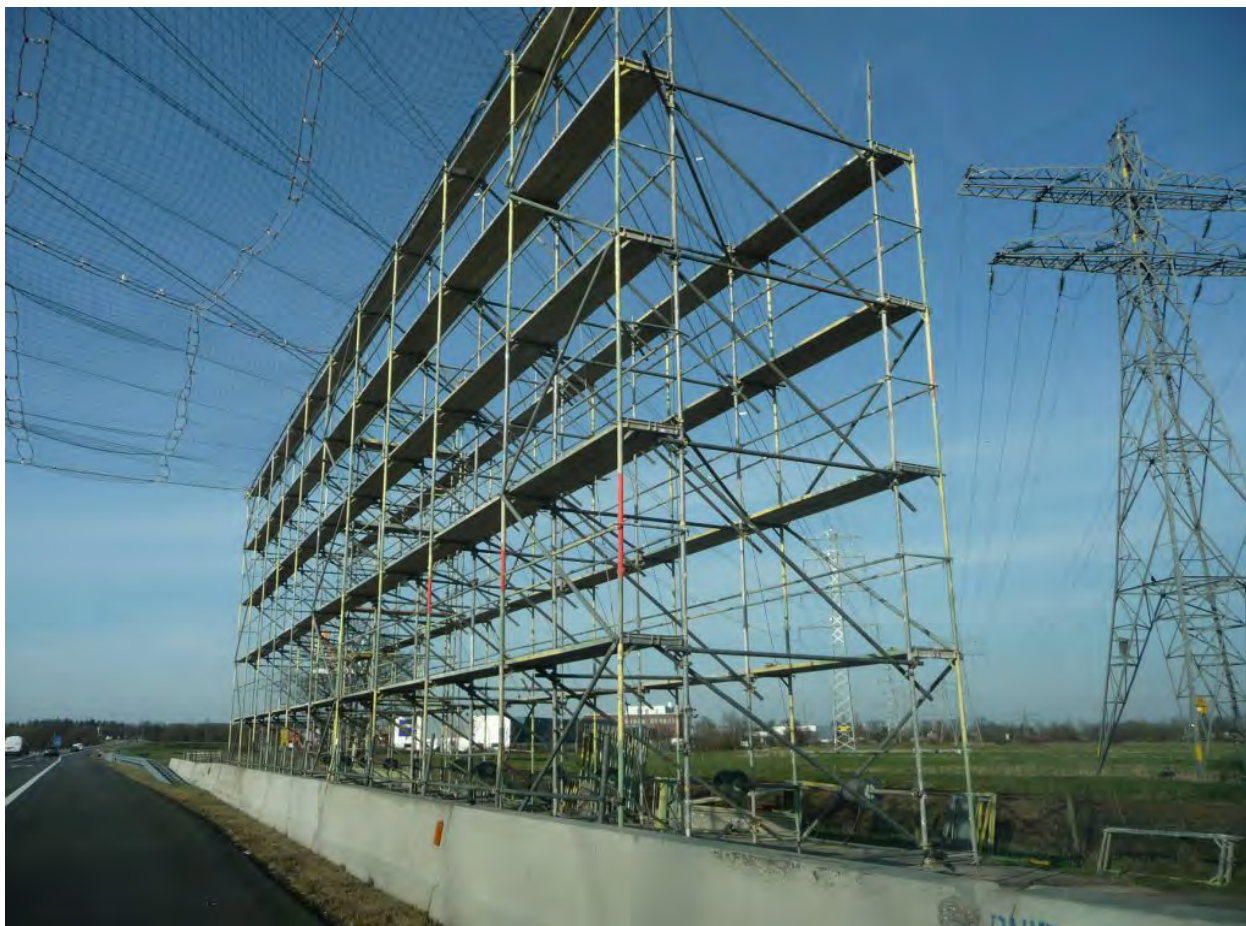
BIJLAGE 1

Jukken



## BIJLAGE 2

### Beschermingen met stelling plus net



## BIJLAGE 3

## Bescherming en signalisatie

MAST of VELD	BESCHRIJVING HINDERNIS	houten JUK met 6 horizontale liggers	houten JUK met 9 horizontale liggers	Stelling met net	Specifiek	Wegsignalisatie
Mast 162 - 163	Ringvaart				Tijdelijke stops scheepvaartverkeer	
Mast 158 - 157	Molenweg / Dwarsweg	JUKN03	JUKN04			
Mast 157 - 156	Ripselaan / Joop Zoetemelkpad	JUKN05 + JUKN06				
Mast 150 - 149	Achterwetering	JUKN08A + JUKN08B				
Mast 149 - 148	Oprit (bos)				Afsluiten met heras	
Mast 148 - 147	Zuidzijderweg / Afrit A4		JUKN09.0 – JUK09.0G + JUKN09.0 tot en met JUKN09.13 (telkens enkel juk dwars over weg)	STEL.N01-1,2,3,4 + STEL.N05-1,2,3,4 + STEL.N06-1,2,3,4	Stelling met net voor afrit en A4	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 147 - 146	Afrit A4 / A4 / N446	JUKN10 + JUKN10A+ JUKN11 + JUKN12		STEL.N02-1,2,3 + STEL.N03- 1,2 + STEL.N04-1,2	Stelling met net voor afrit en A4 Jukken voor viaduct en fietspad	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 146 - 145	Treinspoor / Oprit A4 / Bospolder / parking / rivier (+stelling voor gebouw)	JUKN13 t/m JUKN18		STEL.N06 + STEL.N07	Stelling met net voor treinspoor .Jukken voor oprit, bospolder en rivier. Afzetten van parking met heras	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 135 - 134	Hondsdijk / rivier / rijdijk	JUKN21 t/m JUKN24		STEL-F.01 + STEL-F.02	Stelling ter bescherming fietspaden	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 133 - 132	Treinspoor / Groenendijksepad / N11	JUKN25		STEL.N08 t/m STEL.N11	Stelling met net voor Treinspoor en N11, Jukken voor Groenendijksepad	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 131 - 130	Vierheemskinderenweg	JUKN26 + JUKN27				
Mast 125 - 124	Boerderij / Westeinde	JUKN30 + JukN31				voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 119 - 118	Hoogeveenseweg / fietspad		JUKN32 + JUKN33			voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 118 - 117	Benthorn (boerderij)		JUKN34 + JUKN35			
Mast 113 - 112	Oostkade / Boerderij		JUKN35C+ JUKN36 + JUKN37			
Mast 108 - 107	Voorlaan / rivier	JUKN38 + JUKN39 + JUKN40				voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 105 - 104	Kruis weg / Oprit A12 / Afrit A12 / Hoefweg	JUKN41 t/m JUKN44		STEL.N12 + STEL.N13 STEL.N12A + STEL.N13A		voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken
Mast 104 - 105	Facetlaan	JUKN45 + JUKN46				
Mast 102 - 101	Facetlaan / A12 / Spoorlijn / Creanenborgpad	JUKN47 + JUKN48		STEL.N14	Creanenborgpad afsluiten met herras hekken, Stelling met net voor A 12 en spoorlijn	voorsignalisatie + botsabsorbeerder tijdens plaatsen en wegnemen stelling/jukken

Voor het overzichtsplaan met een situatieschets refereren we naar het document *ref [A]*.

Bijlage 10  
Boordplan HDD11-12 Jaagpad-  
Rijndijk-Spoorbaan



**Boorplan - HDD11/12 Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan**

**Project:  
Randstad 380 kV Noordring**

**Opdrachtgever:  
TenneT TSO**

<b>Revisie</b>	<b>Datum</b>	<b>Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie</b>
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	19-07-2013	Commentaar uit review verwerkt
02	6-08-2013	Aanvullend bodemonderzoek
03	16-09-2013	Aanvullend bodemonderzoek en aangepaste boorlijn

Documentnummer: R3N-OWR-0023

<i>Opsteller</i> M. van Velzen Adviseur Geotechniek	<i>Controleur</i> P. de Jager Ontwerpmanager	<i>Vrijgever</i> Arjan Hogenboom Project Manager
---	--	--



## Distributie

<u>Naam</u>	<u>Bedrijf</u>
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael deSmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott McDonald

## Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.





## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	4
2. Uitgangspunten .....	5
2.1. Ontwerpnormen.....	5
2.2. Verkeersbelasting.....	5
2.3. Belangen .....	5
2.3.1. Kabels en leidingen .....	5
2.3.2. Objecten .....	5
2.3.3. Hoogheemraadschap Rijnland.....	5
2.3.4. ProRail.....	5
2.4. Bodemopbouw .....	6
2.5. Grondwater.....	6
3. Berekening .....	7
3.1. Rekenmethoden .....	7
3.1.1. Sterkte van de buis tijdens de aanlegfase .....	7
3.1.2. Sterkte en vervorming van de buis in de bedrijfsfase .....	7
3.1.3. Grondmechanisch evenwicht in de ondergrond (muddruk) .....	7
3.2. Resultaten .....	7
3.2.1. Aanlegfase .....	8
3.2.2. Bedrijfsfase.....	8
3.2.3. Muddrukberekening.....	8
3.2.4. Kwelproblematiek .....	8
4. Uitvoering .....	10
4.1. Voorbereidende werkzaamheden .....	10
4.1.1. Uitzetten boortracé .....	10
4.1.2. Ondergrondse kabels en leidingen .....	10
4.1.3. Het graven en dichten van het in- en uittredegat .....	10
4.2. Boorproces .....	10
4.2.1. Algemeen .....	10
4.2.2. Het boren.....	10
4.2.3. Pilot-boring .....	10
4.2.4. Ruimen van het boorgat.....	10
4.2.5. Intrekken van de leiding .....	10
4.2.6. Meetsysteem .....	11
4.2.7. Boorvloeistof.....	11
4.2.8. Werkwater .....	11
4.2.9. Energievoorziening.....	11
4.3. Werkterrein en opstelling apparatuur en voertuigen .....	11
4.4. Risico-inventarisatie .....	12
4.5. Keuring, controles en revisie.....	12
4.6. Verkeersmaatregelen .....	12
5. Conclusies en aandachtspunten .....	13
6. Bijlagen.....	15
Bijlage 1 bodemonderzoek .....	16
Bijlage 2 Berekening aanlegfase.....	17
Bijlage 3 Berekening bedrijfsfase.....	18
Bijlage 4 Productblad Maxi-rig.....	19



## 1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracté van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft TenneT de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt het boorplan van de horizontaal gestuurde boringen ten behoeve van het kruisen van de Oude Rijn, Provinciale weg N11 en een spoorweg.

Het betreft een tweetal identieke, hart-op-hart 5 m, parallel aan elkaar gesitueerde boringen voor het 150kV kabeltraject. Aangezien de situatie, te kruisen objecten, in beide situaties lichtelijk afwijken zijn voor deze locatie beide boorlijnen beschouwd.

In deze revisie is aanvullend, door de opdrachtgever aangereikt, bodemonderzoek opgenomen. Tevens is de boorlijn aangepast om aan de eisen van het hoogheemradschap te voldoen ten behoeve van een te kruisen waterkering.

In tabel 1 is een overzicht gegeven met de kenmerken van de boring.

**Tabel 1 Kenmerk boring**

<u>Mantelbuizen</u>	<u>Kwaliteit</u>	<u>Bestemming</u>
4 x Ø200 mm	HDPE, PE100, SDR11	150 kV kabels

## 2. UITGANGSPUNTEN

### 2.1. ONTWERPNORMEN

Doordat er met het ontwerp de Provinciale weg N11 en de Oude Rijn worden gekruist zijn de regels van Rijkswaterstaat van toepassing. Deze zijn weergegeven in de Richtlijn boortechnieken van Rijkswaterstaat [13]. Tevens wordt een regionale waterkering gekruist. Omdat het medium kabels betreft zijn NEN 3650 en NEN 3651 niet van toepassing.

De eisen van ProRail zijn in verband met het kruisen van het spoor van toepassing verklaard.

### 2.2. VERKEERSBELASTING

Voor de verkeersbelasting is uitgegaan van de verkeersklasse volgens C5 van NEN 3650-1:2003, Fatigue Load Model 2 (10 kPa, Openbare, overige wegen), Fatigue Load Model 3 (25 kPa, Autosnelwegen A- en Provinciale N-wegen) en Trein (50 kPa, NS-spoor volgens OVS).

### 2.3. BELANGEN

#### 2.3.1. KABELS EN LEIDINGEN

De in de nabijheid van het boortracé gelegen kabels en leidingen zijn aan de hand van een gedane KLIC-melding op de tekening weergegeven. Nabij het intredepunt bevindt zich een datakabel, vooraf gaande aan de boring dient de exacte locatie van deze kabel te worden bepaald en vrij gegraven. Nabij uittredepunt bevinden zich conform de KLIC informatie geen kabels en leidingen. Het boortracé kruist verder enkele ondiepe kabels en leidingen. Deze worden met voldoende dekking gekruist.

#### 2.3.2. OBJECTEN

Het huidige ontwerp kruist verschillende objecten zoals weergegeven in tabel 2, waarin tevens de vereiste dekking is weergegeven.

**Tabel 2 Te kruisen objecten met minimaal vereiste dekking**

Object	Vereiste dekking
	[m]
Provinciale weg	2
Spoorlijn	12
Oude Rijn	4
Regionale waterkering	10

In het huidige ontwerp wordt aan deze dekkingseisen voldaan.

#### 2.3.3. HOOGHEEMRAADSCHAP RIJNLAND

Het hoogheemraadschap Rijnland stelt dat een regionale waterkering met een minimale dekking van 10 m moet worden gekruist en de boring de grens van het Holoceen en het Pleistoceen (eerste watervoerende pakket) met minimaal 2,5 m dekking moet kruisen, dus of minimaal 2,5 m boven het Pleistoceen of 2,5 m onder het Holoceen. Verder stelt het hoogheemraadschap dat er geen uitwisseling van water tussen het Holoceen en Pleistoceen mag plaatsvinden, dit houdt in dat wanneer de grondwaterstand in het Holoceen en de stijghoogte in het Pleistoceen van elkaar verschillen kleikisten met kwelscherm dienen te worden toegepast.

#### 2.3.4. PRORAIL

De boring dient omdat het spoor wordt gekruist te voldoen aan de regelgeving van ProRail, [14] en [15].

Er wordt gesteld dat een spoorlijn in principe niet schuin gekruist mag worden, in dit ontwerp wordt hieraan voldaan.

Met de boorlijn wordt aan de dekkingseis van 12 m voldaan binnen de druklijnen.



Het beschikbare grondonderzoek voldoet niet aan de norm van categorie Zeer Grote Gestuurde Boringen (S-C). Over het tracé dient om de 150 m bodemonderzoek te zijn uitgevoerd en minimaal 1 boring. Het bodemonderzoek dient zich tussen 5 m en 10 m van de boorlijn te zijn genomen. In het huidige bodemonderzoek ontbreekt de boring en over een traject van circa 450 m is er geen bodemonderzoek wat aan de norm voldoet.

#### **2.4. BODEMOPBOUW**

Het maaiveld ter plaatse van het boortracé is op de vergunningstekeningen, R380N-TEK-0050 en R380N-TEK-0077, weergegeven. Voor de boring is een aantal sonderingen gehanteerd uit het door de opdrachtgever aangereikte bodemonderzoek, te weten DKM1104, DKM1106, DKM1107, DKM1111, DKM1117, DKM1118, DKM1119 en DKM1120, deze sonderingen zijn in bijlage 1 opgenomen. De bodemopbouw is weergegeven in de bijlagen (D-Geo Pipeline berekeningen).

Uit booronderzoek blijkt dat er een sterk grindige bijmenging ter plaatse van boorlijn is aangetroffen. Dit duid erop dat er mogelijk een grindflens gekruist kan worden, hier dient bij de uitvoering rekening gehouden te worden.

Opgemerkt wordt dat het bodemonderzoek niet voldoet aan de normen van Prorail, zie paragraaf 2.3.4.

#### **2.5. GRONDWATER**

De waterstanden zijn afgeleid conform de legger van het hoogheemraadschap Rijnland. Het waterpeil van de oude Rijn is vast gesteld op NAP -0,67 m, ten noorden van de oude Rijn op NAP-1,88 m en ten zuiden op NAP -2,52 m. Tussen het spoor en de N11 is het waterpeil van het oppervlakte water gesteld op NAP -2,02 m.

Conform de Grondwaterkaart van Nederland bedraagt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket circa NAP -2,7 m.

In de berekeningen is rekening gehouden met deze waterstanden.

### 3. BEREKENING

#### 3.1. REKENMETHODEN

De berekening van een gestuurde boring betreft de volgende aspecten:

1. sterkte van de buis tijdens de aanlegfase;
2. sterkte en vervorming van de buis in de bedrijfsfase;
3. grondmechanisch evenwicht in de ondergrond (muddrukberekening) tijdens de aanleg.

Alle berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma D-Geo Pipeline, versie 6.3 build 1.4 van Deltares.

##### 3.1.1. STERKTE VAN DE BUIS TIJDENS DE AANLEGFASE

Gecontroleerd is of de maximale spanning in een buis niet groter is dan de toelaatbare (korte duur) spanning. De spanningen ontstaan vooral door de trekkracht in een buis en de opgelegde kromming.

##### 3.1.2. STERKTE EN VERVORMING VAN DE BUIS IN DE BEDRIJFSFASE

Gecontroleerd is of de maximale spanning in een buis niet groter is dan de toelaatbare (lange duur) spanning. De spanning wordt in dit geval veroorzaakt door de grondbelasting op de buis en de opgelegde kromming.

Daarnaast wordt getoetst of de vervorming van een buis een zekere grenswaarde niet overschrijdt. Verder dient er gecontroleerd te worden of een buis niet kan imploderen als gevolg van de uitwendige waterdruk.

##### 3.1.3. GRONDMECHANISCH EVENWICHT IN DE ONDERGROND (MUDDRUK)

De berekening is gebaseerd op de voorwaarde dat tijdens alle fasen van de boring sprake moet zijn van grondmechanisch evenwicht. NEN 3650 bijlage E.2 vermeldt hiertoe een tweetal eisen:

1. De dekking  $H$  (gemeten tot het hart van een buis) moet minimaal gelijk zijn aan  $\gamma \times R_{p,max}$ , waarin  $R_{p,max}$  de maximale straal van de plastische zone is en  $\gamma$  een veiligheidsfactor. Op basis van een gekozen geometrie is de bijbehorende effectieve toelaatbare muddruk  $P'_{max}$  te berekenen;
2.  $P'_{max}$  mag niet groter zijn dan 90% van de limietdruk  $P'_{lim}$ .

Beide eisen zijn samen te vatten tot de volgende vergelijking:

$$P'_{max;maatgevend} = \min(P'_{max}; 0.9P'_{lim}) > P'_{max;optredend}$$

Deze formulering heeft betrekking op de effectieve spanningen (korrelspanningen). Het gaat hier om niet meetbare rekengrootheden. Beter is het om de formulering te betrekken op (wel meetbare) totaalspanningen en de werkelijk optredende muddruk. Indien in de beschouwde put een waterspanning  $U$  heerst geldt:

$$P_{max;maatgevend} = U + \min(P'_{max}; 0.9P'_{lim}) > P_{max;optredend}$$

De optredende muddruk is gelijk aan  $P_{max;optredend}(z) = \gamma \times Z + [\sigma - \sigma_0] \times \partial P / \partial S$ . Hierin staat de eerste term voor de statische druk en de tweede term voor de wrijving.

De rekenmodellen zijn in detail beschreven in de eerder genoemde normen.

De geometrie van de boring (diepteligging, intredehoek, boogstralen) is tevens bepaald door het type machine waarmee de boring uitgevoerd wordt.

#### 3.2. RESULTATEN

Bijlage 2 betreft de berekeningen in de aanlegfase, waaronder de controle van de sterkte van de buis in de aanlegfase en de berekening van verwachte en toelaatbare muddrukken. De verkeersbelasting is voor de aanlegfase niet meegenomen omdat deze de berekeningsresultaten (toelaatbare muddruk) gunstig beïnvloedt. De controle van de buis op sterkte en vervorming in de bedrijfsfase zijn in bijlage 3 opgenomen.

In de berekeningen worden 5 belastingfasen onderscheiden:

- Fase 1A begin trekoperatie;
- Fase 1B einde trekoperatie;
- Fase 2 intern op druk brengen (testdruk);
- Fase 3 bedrijfstoestand, niet op druk;
- Fase 4 bedrijfstoestand, op druk (ontwerpdruk).

Bij een drukloos medium zijn fasen 2 en 4 niet van toepassing.

### 3.2.1. AANLEGFASE

In tabel 3 zijn de verwachtingswaarde van de benodigde trekkracht en toelaatbare trekkracht van de leiding weergegeven van de boring.

Tabel 3 Trekkrachten

Berekende trekkracht incl. onzekerheidsfactor 1,8 [kN]	Toelaatbare trekkracht [kN]
$1,8 \times 111 = 200$	$4 \times 98 = 392$

De trekkracht van de leiding is toelaatbaar.

Bij de berekening van de trekkracht wordt ervan uitgegaan dat de in te trekken leiding zich centrisch in de boorspoeling bevindt. De berekening geeft aan dat de leiding iets opwaarts beweegt, hierdoor kan de benodigde trekkracht iets hoger liggen dan de berekende trekkracht. Er is in dit geval rekening gehouden met een onzekerheidsfactor van 1,8, in verband met het trekken van een bundel. Tijdens de aanlegfase dient te leiding te worden gevuld met water om te voldoen aan de trekkrachten. Voor de volledige berekeningsresultaten wordt verwezen naar bijlage 2.

### 3.2.2. BEDRIJFSFASE

Uit de berekeningen blijkt, dat de optredende spanningen toelaatbaar zijn en dat de maximaal toelaatbare deflectie niet overschreden wordt. De leiding voldoet op implosie.

Voor de berekeningsresultaten wordt verwezen naar bijlage 3.

### 3.2.3. MUDDRUKBEREKENING

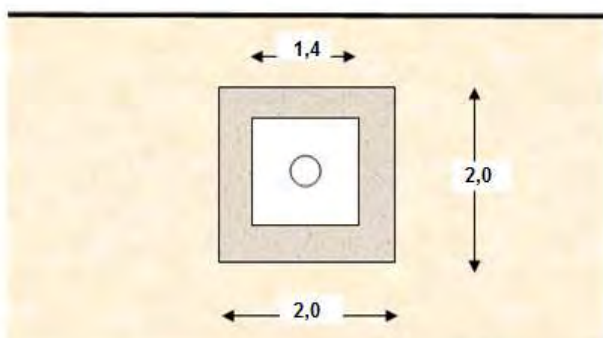
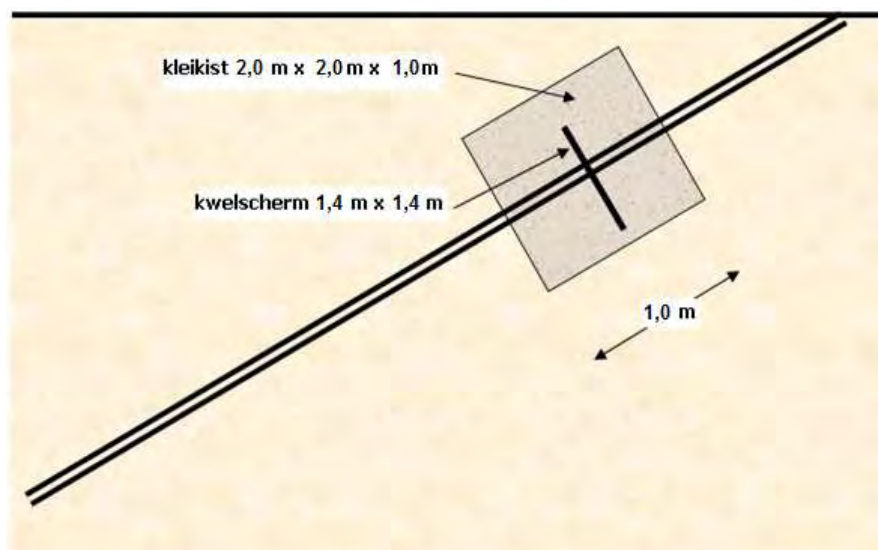
De berekening van de toelaatbare muddruk is opgenomen in bijlage 2.  
De verwachtingswaarde van de benodigde bentoniedruk is circa  $370 \text{ kN/m}^2 \approx 3,7 \text{ bar}$ .

Nabij het intrede- en uittredepunt van het boren is de optredende muddruk groter of gelijk aan de toelaatbare muddruk. Dit is uiteraard inherent aan de methode.

Ter plaatse van het in- en uittredepunt kan mogelijk grondbreuk optreden. Dit komt omdat de spanningen in de grond ter plaatse gering zijn. In de praktijk blijkt dit over het algemeen geen problemen te geven.

### 3.2.4. KWELPROBLEMATIEK

De heersende grondwaterstroming mag in principe door de aanleg van de boring niet verstoord worden. De grondwaterstand bedraagt circa NAP -1,88 m, in eerste zandlaag heerst een stijghoogte van circa NAP -2,7 m. De bentonietspoeling in het boorgat rondom de buis zal na verloop van tijd indikken. Dit proces zal de kwelstroom bevorderen. Geadviseerd wordt om directe kortsluiting tussen de lagen te voorkomen door een kleikist met kwelscherm toe te passen ter plaatse van het in- en het uittredepunt, zie figuur 1.



Figuur 1 Kwelscherm met kleikist



## 4. UITVOERING

### 4.1. VOORBEREIDENDE WERKZAAMHEDEN

#### 4.1.1. UITZETTEN BOORTRACÉ

Het tracé wordt uitgezet vanaf de bijgevoegde tekening. Het uitzetten van het tracé wordt uitgevoerd door de boormeester (eventueel in samenwerking met de projectleider of uitvoerder van het werk).

#### 4.1.2. ONDERGRONDSE KABELS EN LEIDINGEN

Voorafgaande aan de engineering is een KLIC-melding gedaan. Afhankelijk van het tijdstip van uitvoering wordt een nieuwe KLIC-melding gedaan. Eventuele kabels en leidingen ter plaatse van het in- en uittredepunt worden vrij gegraven door middel van proefsleuven.

#### 4.1.3. HET GRAVEN EN DICHTEN VAN HET IN- EN UITREDEGAT

Nadat alle kabels en leidingen zijn vrij gegraven, worden het in- en uitredegat gegraven. De uitgekomen grond wordt opgeslagen naast de werkgaten. Het in- en uitredegat worden later gedicht met de vrijgekomen grond.

### 4.2. BOORPROCES

#### 4.2.1. ALGEMEEN

Op basis van de lengte en de diameter van de in te trekken leiding zal de boring worden uitgevoerd met een Maxi Rig (80 ton trekkracht). Het productblad van deze rig is in bijlage 4 opgenomen.

#### 4.2.2. HET BOREN

Een HDD-boring bestaat uit drie fasen:

1. Het uitvoeren van de pilotboring;
2. Het ruimen van het boorgat;
3. Het intrekken van de leiding.

#### 4.2.3. PILOT-BORING

Bij de pilot-boring worden 4,5" boorbuizen (lengte circa 5 meter) vanaf de boormachine in de grond gedrukt volgens het vooraf vastgestelde profiel. Aan het uiteinde van de boorbuizen bevindt zich de boorkop. Tijdens het wegdrukken van de boorstangen wordt boorspoeling door de boorstangen gepompt naar de boorkop om de grond voor de kop los te maken. De boorvloeistof zorgt voor smering, het open houden van het boorgat en afvoer van grond. Bij deze boring wordt gebruik gemaakt van een jet-bit stuursysteem met een niet-magnetische stuurbuis. Een kleine afschuining aan de voorkant van de boorkop zorgt voor de stuurreactie in de grond. Tijdens het boren draait de boorkop en gaat de boring in een rechte lijn.

Wanneer gestuurd dient te worden, wordt de boorkop in een bepaalde positie vastgezet en zo verder door de grond geperst. Vanwege de afschuining wordt dan een bocht ingezet.

Het boorgat is gemiddeld 1,2 tot 1,5 keer zo groot als de boorkop, afhankelijk van de bodemopbouw.

#### 4.2.4. RUIMEN VAN HET BOORGAT

Wanneer de boorkop aan de uittredezijde is gearriveerd wordt deze verwijderd en vervangen door een ruimer. Deze wordt door de machine vervolgens roterend teruggetrokken. Tijdens dit terugtrekken vergroot de ruimer het boorgat. Het aantal ruimgangen is afhankelijk van de diameter van het boorgat, de in te trekken leiding en de bodemopbouw. Ook de ruimer wordt voorzien van boorvloeistof, om de boorgang schoon te spoelen en om instorting van het gat te voorkomen.

#### 4.2.5. INTREKKEN VAN DE LEIDING

Als de ruimer het boorgat voldoende vergroot heeft, wordt deze losgekoppeld van de boorbuis en vervangen door een barrel met daaraan de in te trekken leiding. Het is ook mogelijk dat deze direct achter de ruimer wordt ingetrokken. De wordt eerst uitgelegd op het maaiveld en in secties van 3 elementen ingetrokken. Tussen de barrel en de leiding wordt een swivel geplaatst om draaiing (torsie) van de buis te voorkomen. Het gat blijft tijdens het ruimen en intrekken van de leiding constant gevuld met boorspoeling, zodat



instorting van het boorgat wordt tegengegaan en gelijktijdig de wrijvingsweerstand bij het intrekken belangrijk wordt gereduceerd.

#### 4.2.6. MEETSYSTEEM

Voor het meten wordt een 'optische gyroscoop' gebruikt.

##### Optische gyroscoop

Bij HDD's worden optische Gyroscopen gebruikt. Hierbij wordt gewerkt met splitsing van lichtstralen. In een dergelijke gyroscoop zitten geen bewegende onderdelen meer.

De nauwkeurigheid van dergelijke systemen is groot:

- 0,02 graad (0,03%) in de pitch;
- 0,04 graad (0,07%) in de azimut.

Over 840,61 m lengte is de nauwkeurigheid dus:

- Verticaal:  $0,03\% \times 840,61 = 0,25$  m;
- Horizontaal:  $0,07\% \times 840,61 = 0,59$  m.

#### 4.2.7. BOORVLOEISTOF

De toegepaste boorvloeistof zal worden aangemaakt met water en Cebo Tunnelgel (bentoniet) of gelijkwaardig in een speciaal hiervoor ontwikkelde unit. De gebruikte boorvloeistof kan worden gerecycled en hergebruikt of worden opgevangen en afgevoerd. In dit geval wordt het uitredende mengsel bentoniet/grond opgevangen en afgevoerd naar een verwerkingsbedrijf. Voorafgaande aan de boring dient nog nader te worden bekeken of additieven in de bentoniet noodzakelijk zijn.

#### 4.2.8. WERKWATER

Voor het aanmaken van de boorvloeistof is werkwater benodigd. Geadviseerd wordt om werkwater te gebruiken dat voldoet aan de volgende specificaties:

- Chloridengehalte:  $\text{Cl}^- < 500$  mg/l;
- Calciumgehalte (hardheid):  $\text{Ca} < 100$  mg/l;
- Zuurgraad:  $8,5 < \text{pH} < 9,5$ .

De zuurgraad van het water mag ook rond  $\text{pH}=7$  zijn, de OCMA-bentoniet heeft echter de meest optimale werking bij een pH-waarde tussen 8,5 en 9,5.

In het algemeen kan als werkwater het oppervlaktewater nabij de boring worden gebruikt. Eventueel kan het werkwater aangepast worden om te voldoen aan bovengenoemde specificaties. Indien het niet mogelijk is het water uit de omgeving te gebruiken dan zal het werkwater worden aangevoerd met een waterwagen.

#### 4.2.9. ENERGIEVOORZIENING

De benodigde energie zal opgewekt worden door aggregaten.

### 4.3. WERKTERREIN EN OPSTELLING APPARATUUR EN VOERTUIGEN

Aan de intredezijde bevindt zich het volgende materieel:

- Boormachine (9,5 m x 2,5 m);
- Trekker en waterwagen (optioneel);
- Vrachtwagen (16 m x 2,5 m);
- Auto's (personeel);
- Aggregaat;
- Mengunit voor de boorvloeistof.

Aan de uitredzijde bevindt zich het volgende materieel:

- Trekker + zuigwagen;
- Haspelwagen + auto (4WD).



#### **4.4. RISICO-INVENTARISATIE**

Voor dit werk is een standaard risico-inventarisatie van toepassing welke op het werk aanwezig is.

#### **4.5. KEURING, CONTROLES EN REVISIE**

De keuringen en controles van materialen op het werk worden uitgevoerd conform het kwaliteitssysteem van BAM Infratechniek bv. De meetinstrumenten en gereedschappen moeten gekalibreerd zijn. Een bewijs van kalibratie moet toegevoegd zijn bij de meetrapporten.

Tijdens het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding worden de volgende gegevens op het activiteiten- en keuringsformulier geregistreerd:

- Trek- en duwkracht [bar];
- Draaimoment [bar];
- Boormotor [RPM];
- Muddruk [bar];
- Pompvolume [l/min].

De informatie verzameld tijdens het boren wordt verwerkt tot een revisietekening (as-built tekening) en verstrekt aan de opdrachtgever.

#### **4.6. VERKEERSMAATREGELEN**

De benodigde verkeersmaatregelen zullen conform de CROW-regelgeving worden uitgevoerd.



## 5. CONCLUSIES EN AANDACHTSPUNTEN

De conclusies en aandachtspunten zijn als volgt:

1. Er is geen (historisch) onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van eventuele obstakels in de ondergrond. Er is wel een KLIC melding gedaan, alle hieruit volgende kabels en leidingen zijn, voor zover deze zijn verstrekt, ingetekend. In overleg met de beheerder kan worden besloten om, voorafgaand aan de uitvoering, alsnog een dergelijk onderzoek uit te voeren;
2. De verschillende belangen van de wegbeheerder en de kabel- en leidingeneigenaren ter hoogte van de boring zijn opgenomen in paragraaf 2.3;
3. Bij het intrekken van de leiding dient deze te worden gevuld met water om aan de trekkracht te voldoen;
4. Uit de ontwerpberekeningen volgt dat de buis op sterkte en stijfheid voldoet;
5. De verwachte trekkracht bedraagt maximaal 200 kN (= 20 ton) en valt ruimschoots binnen de maximaal toelaatbare trekkracht van 392 kN (= 39 ton);
6. De verwachte benodigde bentoniedruk bedraagt circa  $370 \text{ kN/m}^2 \approx 3,7 \text{ bar}$ ;
7. Geadviseerd wordt om nabij het intrede- en uittredepunt, langzaam te boren om de kans op uitbraak van boorvloeistof te beperken;
8. Geadviseerd wordt om het chloridgehalte, calciumgehalte en zuurgraad van het werkwater te controleren alvorens de boorspoeling wordt aangemaakt;
9. Geadviseerd wordt om een kwelscherm van 1,4 m x 1,4 m toe te passen met een kleikist van 2,0 m x 2,0 m x 1,0 m;
10. Opgemerkt wordt dat het bodemonderzoek (nog) niet voldoet aan de normen van Prorail;
11. Voorafgaande aan de boring dient nog nader te worden bekeken of additieven in de bentoniet noodzakelijk zijn.

Het ontwerp van de gestuurde boring is weergegeven op ontwerptekeningen R380N-TEK-0050 en R380N-TEK-0077.



## Referenties

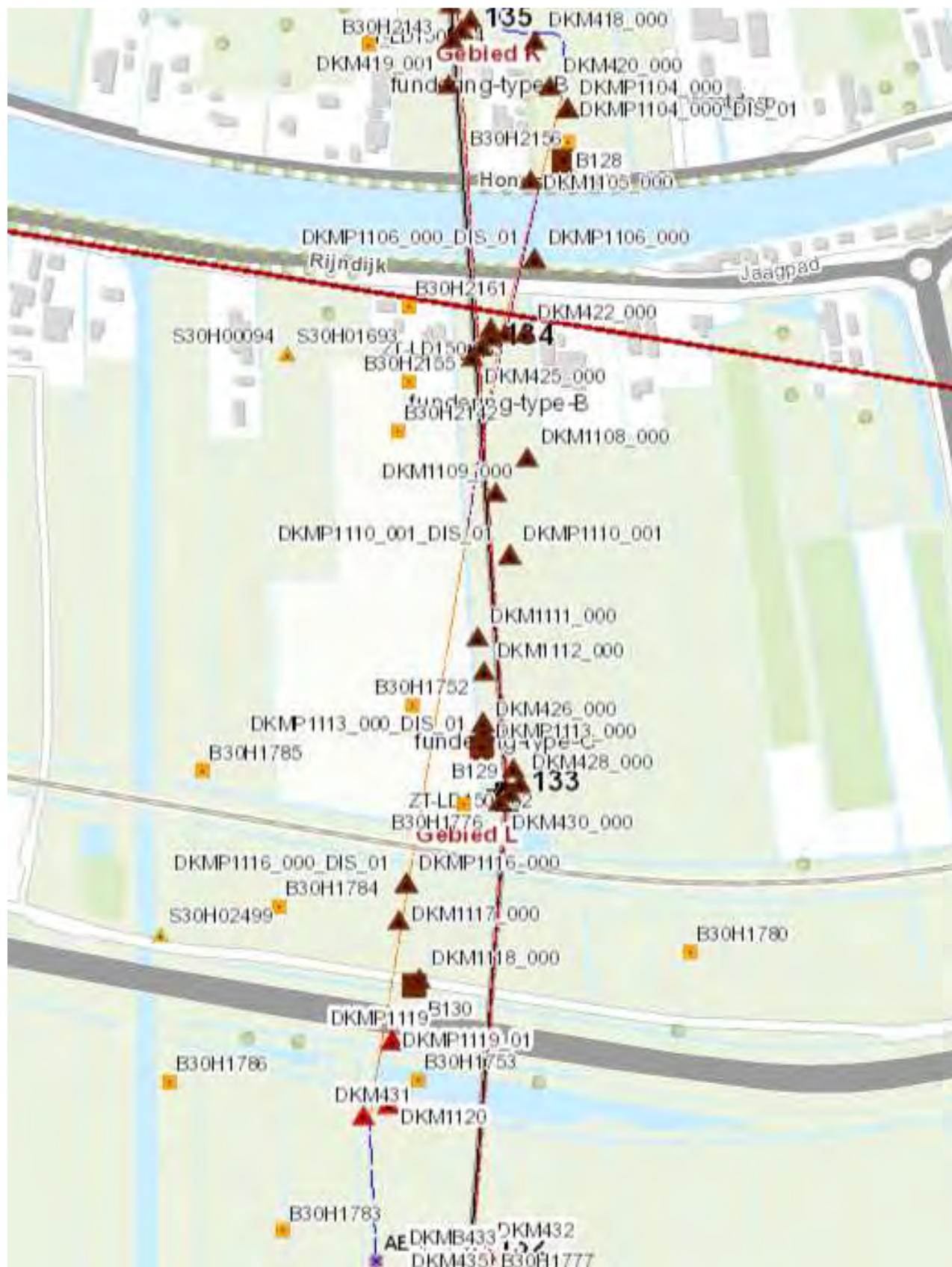
1. NEN-EN 1990, Grondslagen;
2. NEN-EN 1991, Belastingen op constructies;
3. NEN-EN 1997, Geotechnisch ontwerp;
4. NEN 3650-1, Eisen voor buisleidingsystemen;
5. NEN 3560-2, Eisen voor buisleidingsystemen: staal;
6. NEN 3650-3, Eisen voor buisleidingsystemen: kunststof;
7. NEN 3650-4, Eisen voor buisleidingsystemen: beton;
8. NEN 3651, Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken;
9. NPR 3659, Sterkteberekening ondergrondse pijpleidingen;
10. CUR 91-7, Vuist- en rekenregels voor grondconstructies op sterk samendrukbare ondergrond;
11. CUR 162, construeren met grond - grondconstructies op en in weinig draagkrachtige en sterk samendrukbare grond;
12. CUR 2003-7, Bepaling geotechnische parameters;
13. Richtlijn boortechnieken (RWS, 2004);
14. Technische Voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven de spoorweg, Railinfrabeheer, 2002;
15. Boringen en persingen – eisen aan het maken van een goed werkplan, ProRail Ondergrondse Infra, versie D03 d.d. 27-1-2011;
16. [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl);
17. Ontwerptekening, R380N-TEK-0050;
18. Ontwerptekening, R380N-TEK-0077.



## 6. BIJLAGEN

- Bijlage 1 Bodemonderzoek
- Bijlage 1 Berekening aanlegfase
- Bijlage 2 Berekening bedrijfsfase
- Bijlage 3 Productblad Maxi-rig

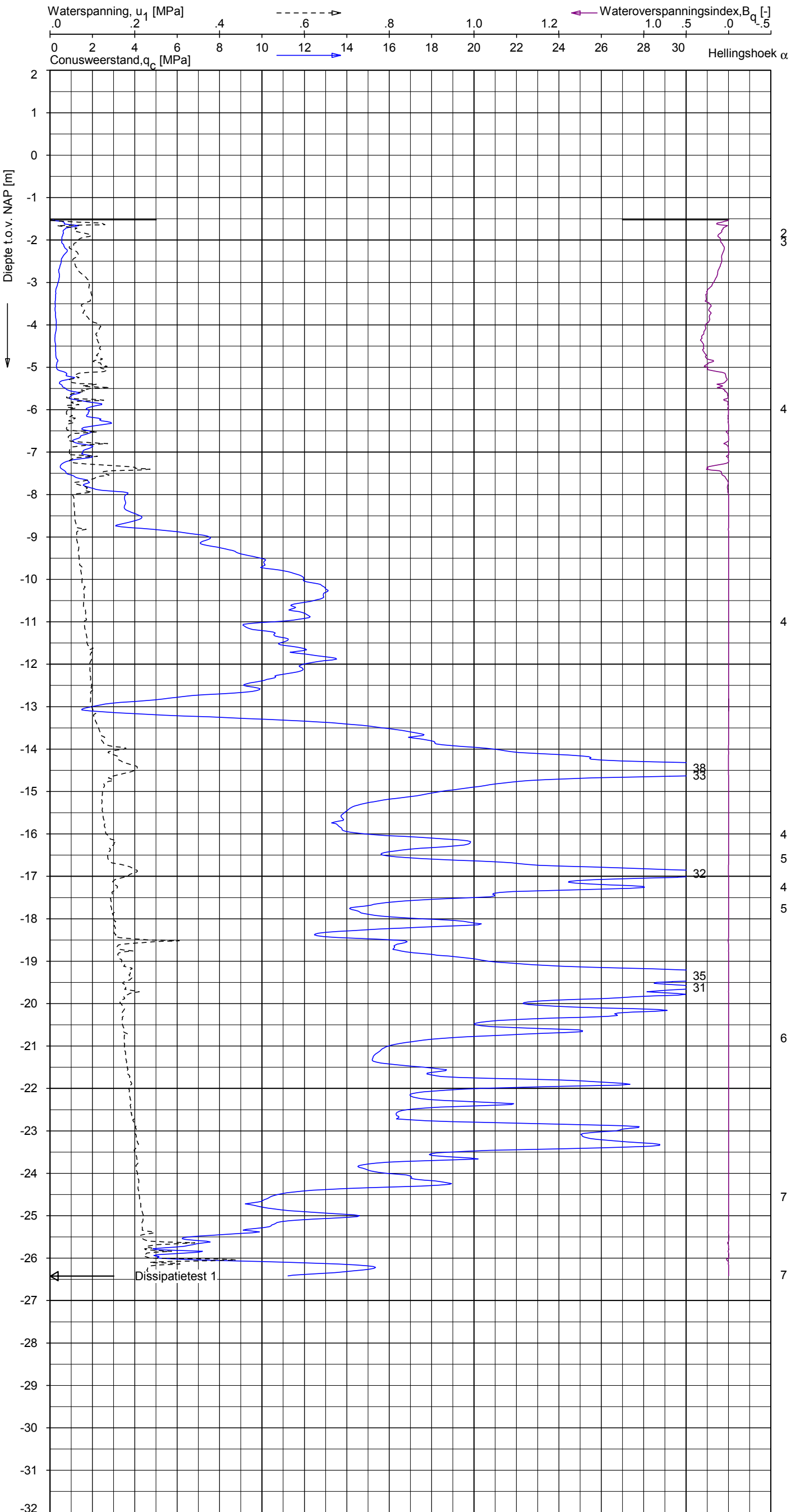
## BIJLAGE 1 BODEMONDERZOEK



UNIPLOT 05.21.nl / QcU1Class-N3.cmd / 2013-06-05 09:55:09

1010-0117-003

DKMP119 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

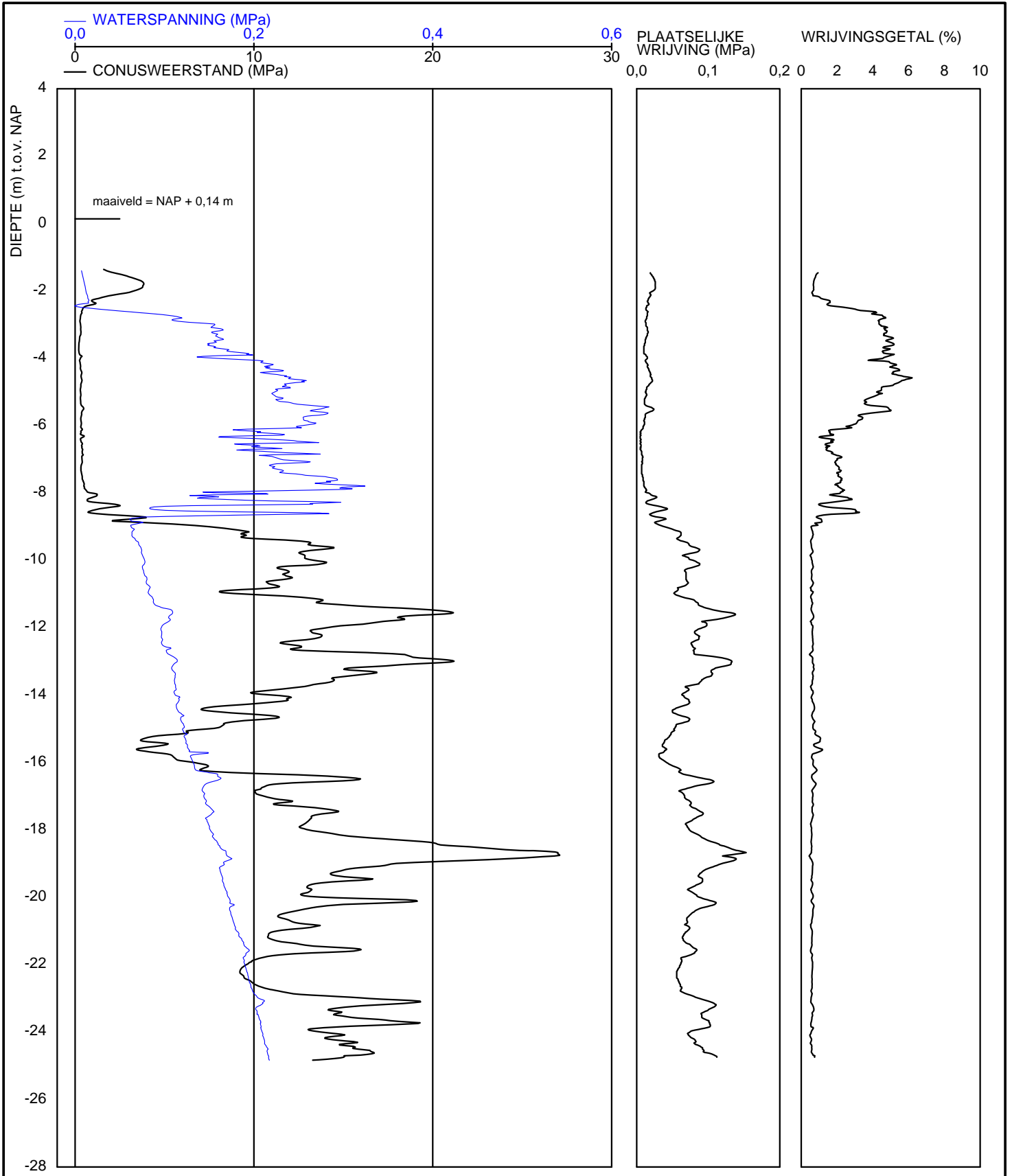


Opg.: JSL/JWV d.d. 24-mei-2013 Coord.: X= 99480.5m Y= 459652.2m Systeem: RD  
 Get.: VALKF d.d. 05-jun-2013 MV = NAP -1.52m Conus: F7.5CKE2HAW<sub>1</sub>/B P1 1701-2578  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



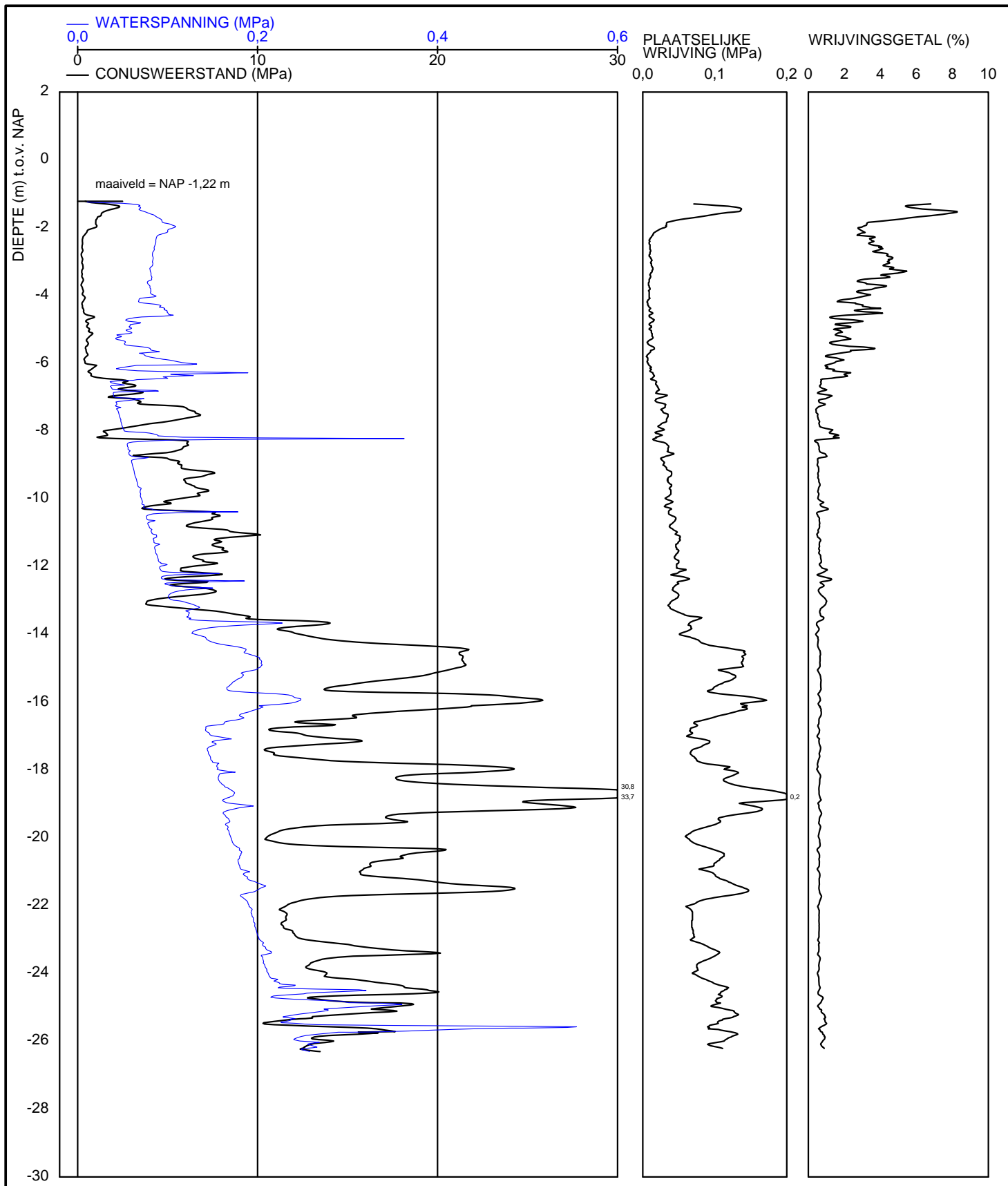
**SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING**  
 GEOTECHNISCH ONDERZOEK PROJECT R380 NOORDRING-ZUID

Opdr. 1010-0117-003  
 Sond. DKMP119



- - Sondering DKMP1106	BAM Infraconsult	Telefoon Telefax	datum 2012-06-05	get. -
			CPT-1010-0117-001/-	gez.
			BIJL. -	form. A4



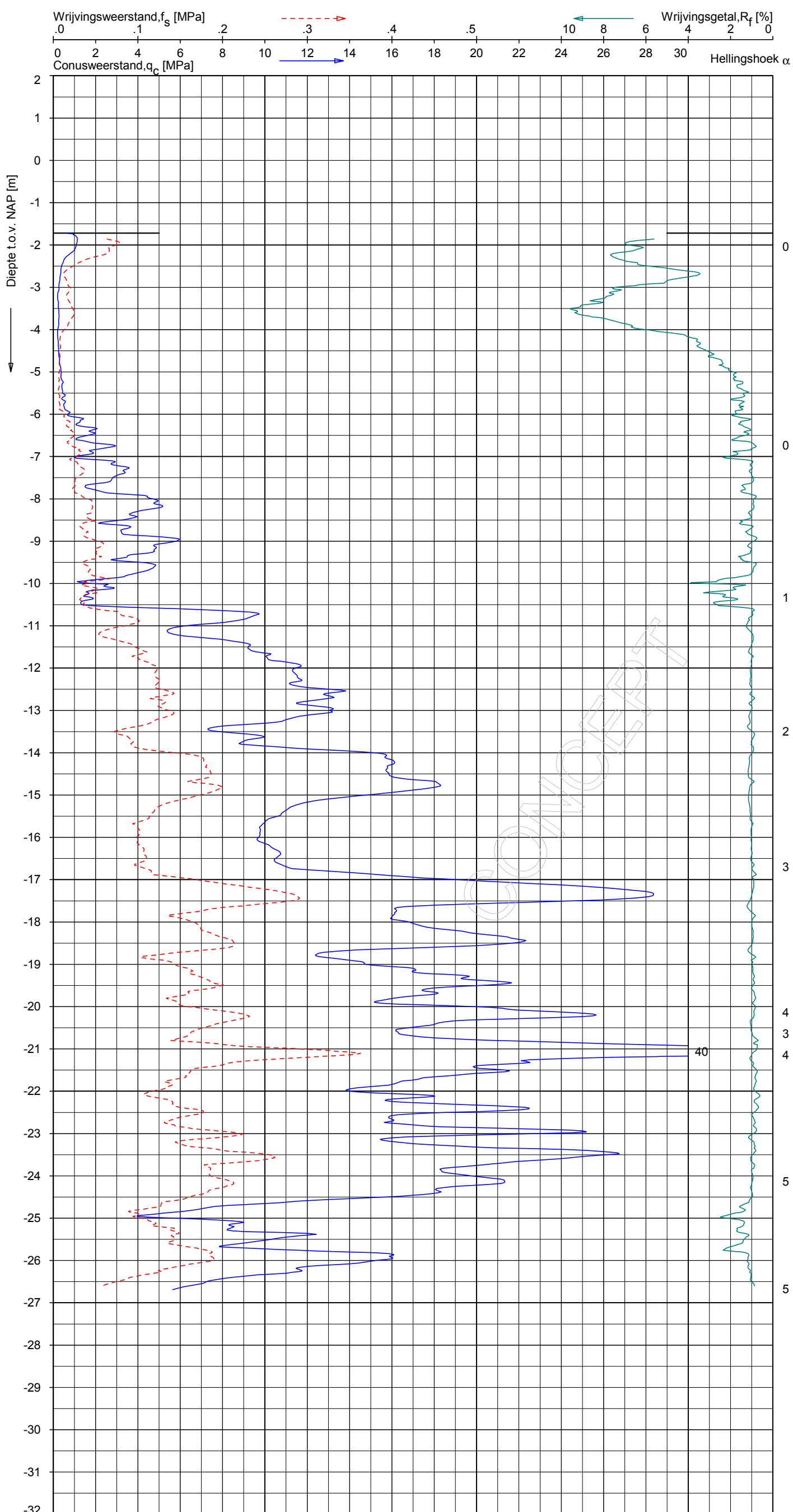


BAM Infraconsult	Telefoon	datum	get.
	Telefax	2012-06-05	-
-	-	gez.	
		CPT-1010-0117-001/-	
Sondering DKMP1104	BIJL.	form.	A4
		-	

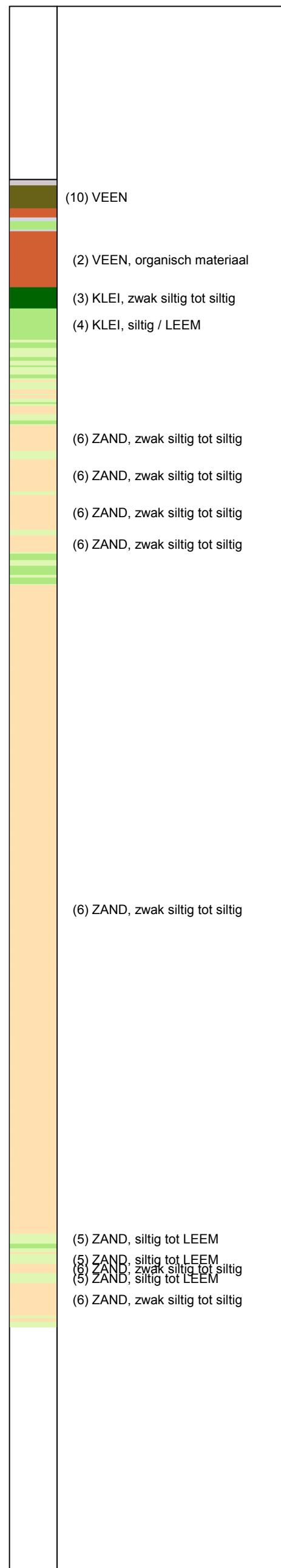
UNIPLOT 05.21.nl / QcfClass-N3.cmd / 2013-05-16 17:09:28

1010-0117-003

DKM1120 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : AVS-PVR d.d. 18-Apr-2013 RD: X = 99474.8  
 Get. : VALKF d.d. 2013-05-16 MV = NAP -1.72 m Y = 459597.3

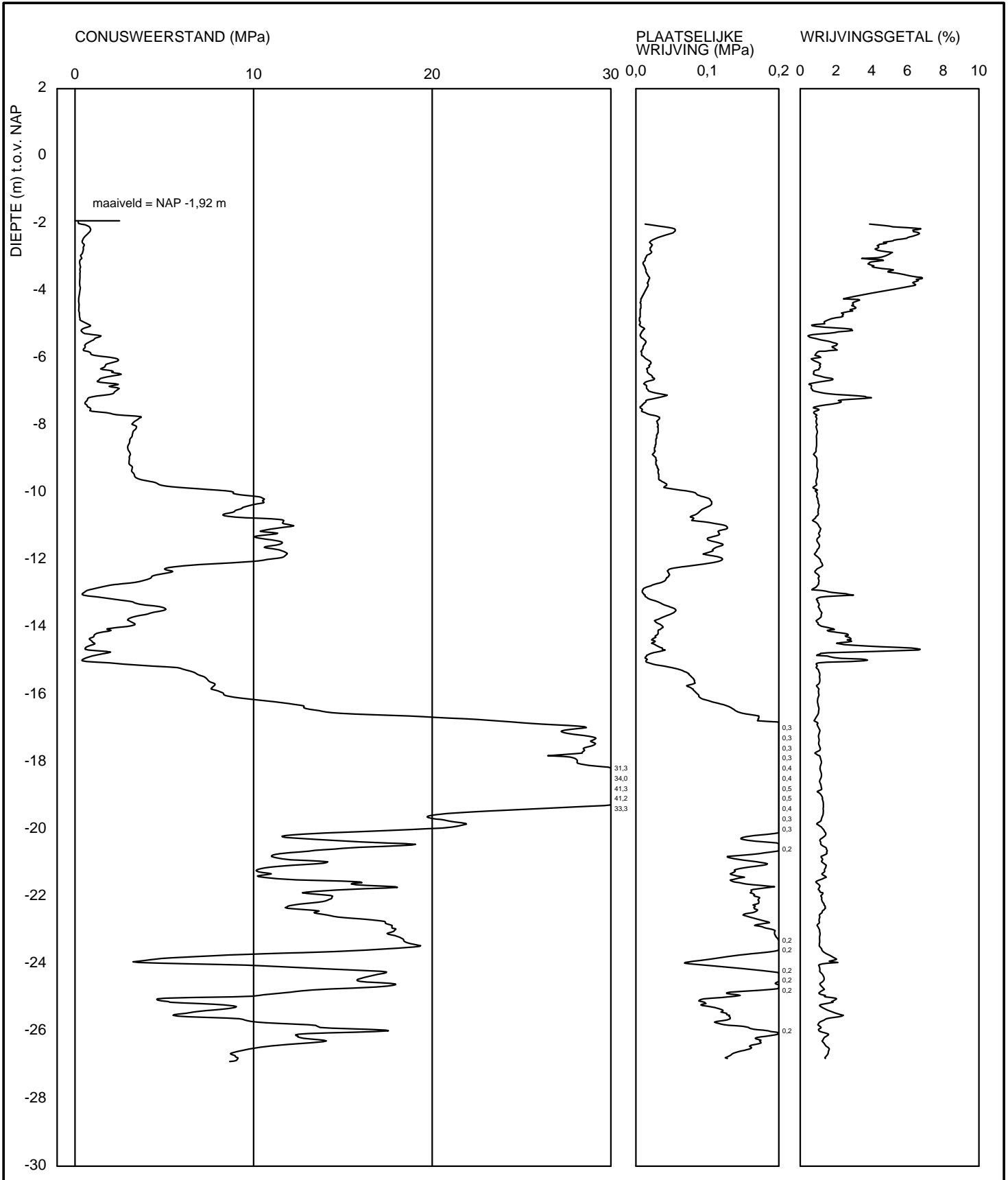
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2  
 Conustype: F7.5CKE2HA/B 1701-1115 1500mmf.  
 Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



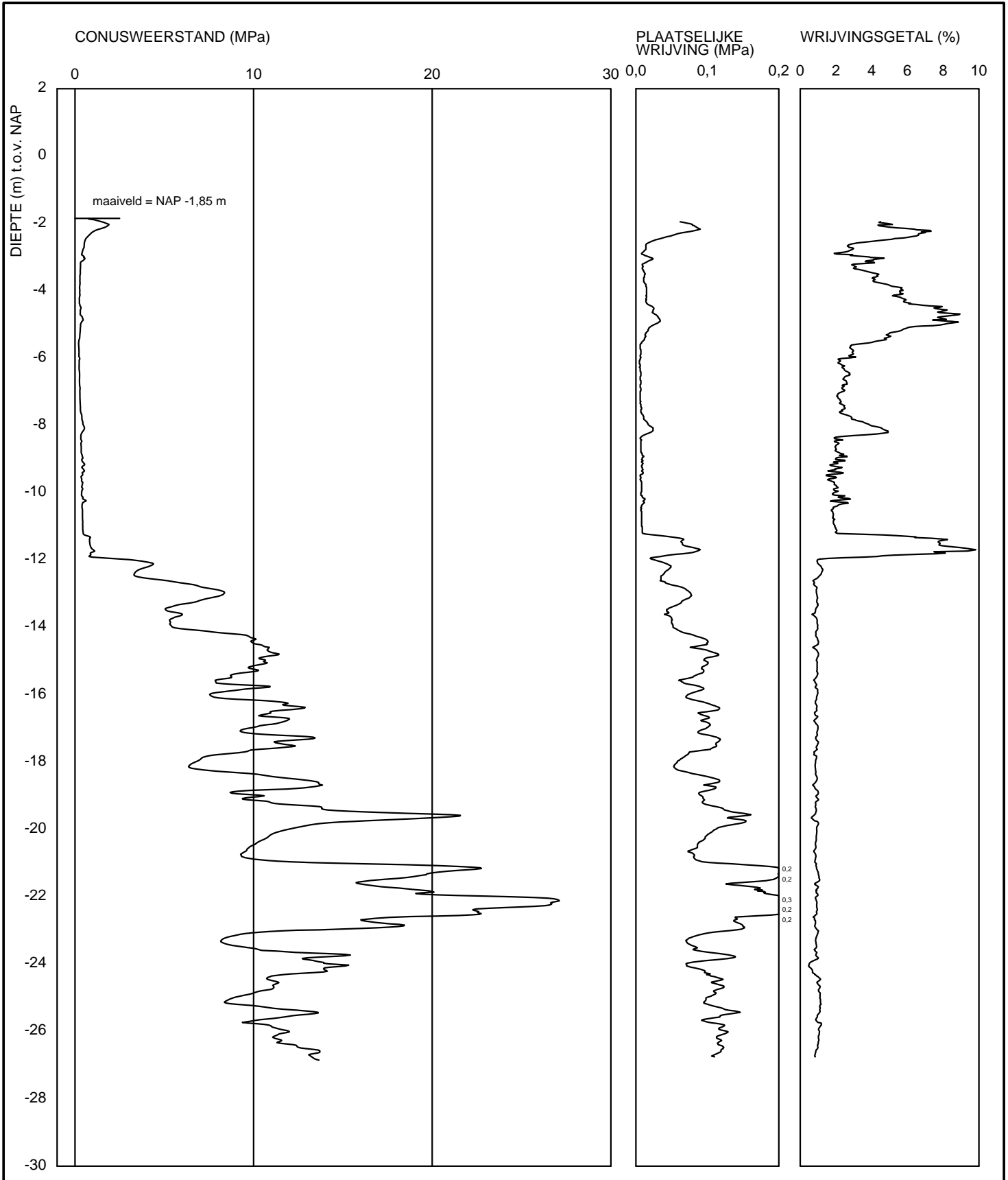
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GEOTECHNISCH ONDERZOEK PROJECT R380 NOORDRING-ZUID

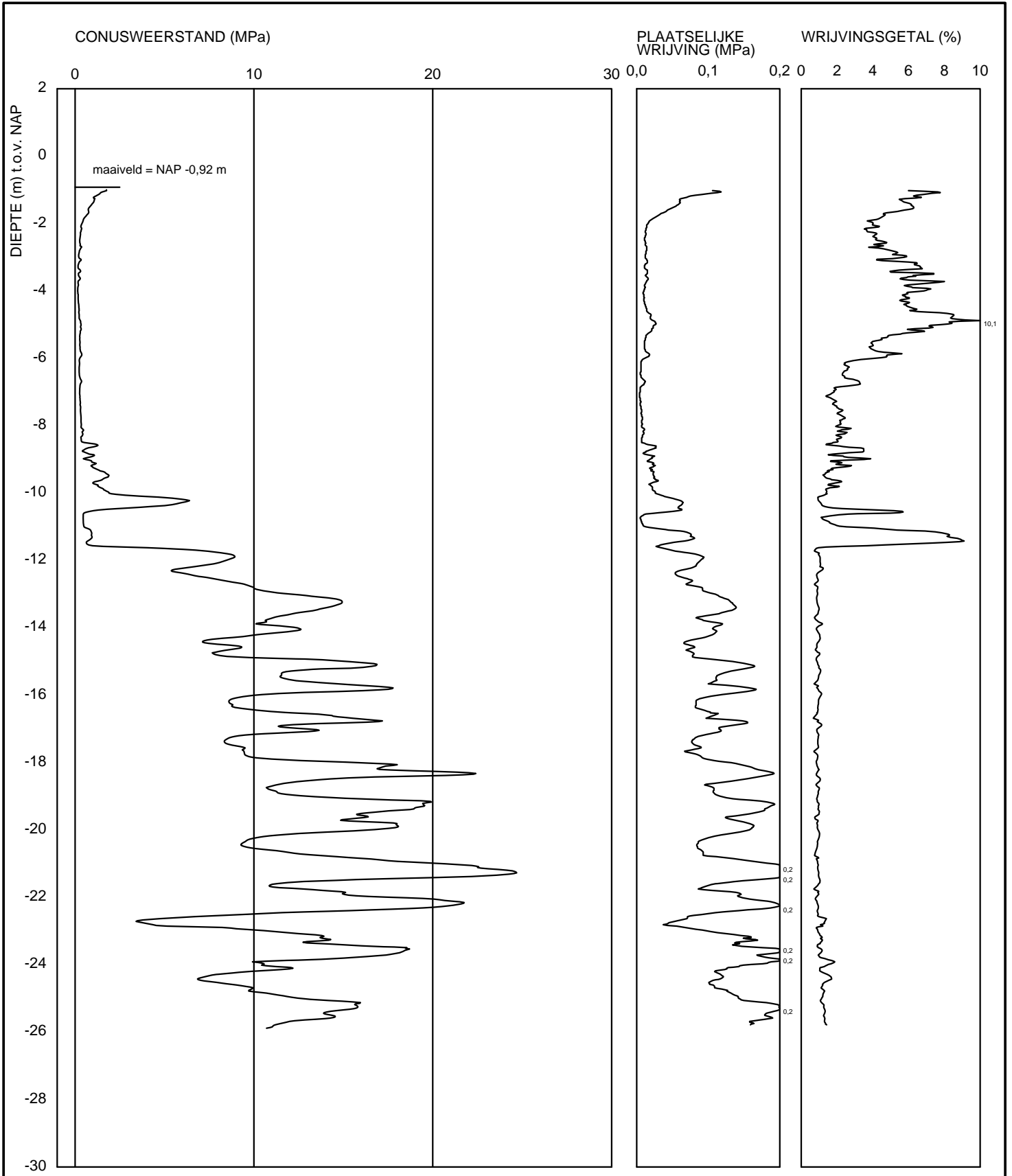
Opdr. 1010-0117-003  
 Sond. DKM1120



BAM Infraconsult	Telefoon	datum	get.
	Telefax	2012-06-06	-
-	-	gez.	
		CPT-1010-0117-001/-	
Sondering DKM1117	BIJL. -	form.	
		A4	



BAM Infraconsult	Telefoon	datum	get.
	Telefax	2012-06-04	-
-	-	CPT-1010-0117-001/-	
		form.	A4
Sondering DKM1111		BIJL.	-



BAM Infraconsult	Telefoon	datum	get.
	Telefax	2012-06-05	-
-	-	gez.	
		CPT-1010-0117-001/-	
Sondering DKM1107	BIJL.	form.	get.
		-	A4



## **BIJLAGE 2 BEREKENING AANLEGFASE**

**Rapport voor D-Geo Pipeline 6.3**

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam: BAM Infratechniek  
Datum van rapport: 23-9-2013  
Tijd van rapport: 10:15:36  
Bestandsnaam: M:\..ID0+IHDD-11-12A Aanlegfase SDR

**1 Inhoudsopgave**

1 Inhoudsopgave 2  
2 Invoergegevens 4  
2.1 Gebruikt model 4  
2.2 Laagscheidingen 4  
2.3 PN-Lijnen 13  
2.4 Freatische Lijn 13  
2.5 Grondprofielen 13  
2.6 Grenslagen 13  
2.7 Configuratie van de Pijpleiding 14  
2.8 Berekenings Verticalen 14  
2.9 Materiaaltypen 17  
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding 18  
2.11 Gegevens voor Leidingberekening 18  
2.12 Geometrie 19  
2.12.1 Geometrie Sectie, Detail 19  
2.12.2 Geometrie Bovenanzicht 20  
2.13 Boorvoelstofdruk Gegevens 20  
2.14 Factoren 20  
3 Boorvoelstofdrukken 22  
3.1 Boorvoelstofdruk Gegevens 22  
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvoelstofdruk 30  
3.3 Boorvoelstofdruk Grafieken 33  
3.3.1 Boorvoelstofdrukken tijdens Pilotboring 33  
3.3.2 Boorvoelstofdrukken tijdens Voorruimen 33  
3.3.3 Boorvoelstofdrukken tijdens Ruim- en Intrekeroperatie 34  
4 Grondmechanische Parameters 35  
4.1 Grondmechanische Parameters 1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 35  
4.2 Grondmechanische Parameters 2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 40  
4.3 Grondmechanische Parameters 3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 46  
4.4 Grondmechanische Parameters 4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 51  
5 Gegevens voor Spanningsanalyse 58  
5.1 Algemene gegevens 58  
5.2 Ballasten Leiding 58  
5.3 Trekkraftberekening 58  
6 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 61  
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 61  
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 61  
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 61  
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 61  
6.3 Controle van de Berekende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 62  
6.3.1 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 62  
7 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 63  
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 64  
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 64  
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 64  
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 64  
7.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 65  
7.3.1 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 65  
8 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 66  
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 67  
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 67  
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 67  
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 67  
8.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 68  
8.3.1 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 68

9 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 69  
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 70  
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 70  
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 70  
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 70  
9.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 71  
9.3.1 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 71

**2 Invoergegevens**

**2.1 Gebruikt model**

Gebruikt model : Horizontaal Gestuurde Boring

**2.2 Laagscheidingen**

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]			
34 - X -	-900,000	-873,011	-872,280	-832,680
34 - Y -	-1,839	-1,839	-1,840	-1,840
34 - X -	-815,880	-815,770	-815,618	-815,450
34 - Y -	-1,920	-2,010	-2,153	-2,310
34 - X -	-811,270	-810,460	-810,065	-809,880
34 - Y -	-2,530	-2,410	-2,138	-2,010
34 - X -	-804,320	-804,120	-804,020	-803,700
34 - Y -	-1,540	-1,610	-1,700	-2,000
34 - X -	-802,960	-780,950	-780,140	-780,087
34 - Y -	-2,220	-2,220	-2,090	-2,055
34 - X -	-779,560	-775,110	-774,910	-774,110
34 - Y -	-1,650	-1,650	-1,910	-2,010
34 - X -	-774,490	-773,750	-771,110	-770,300
34 - Y -	-2,300	-2,520	-2,520	-2,400
34 - X -	-769,470	-760,420	-738,450	-731,000
34 - Y -	-1,590	-1,090	-0,980	-2,040
34 - X -	-730,810	-730,710	-730,390	-729,640
34 - Y -	-2,310	-2,400	-2,700	-2,920
34 - X -	-725,100	-724,510	-724,769	-724,240
34 - Y -	-2,790	-2,400	-2,313	-1,820
34 - X -	-640,520	-640,310	-640,210	-639,890
34 - Y -	-1,920	-2,180	-2,280	-2,570
34 - X -	-639,140	-638,555	-638,360	-637,770
34 - Y -	-2,790	-2,700	-2,670	-2,280
34 - X -	-618,630	-613,240	-607,020	-598,670
34 - Y -	-1,350	-0,420	-1,490	-1,890
34 - X -	-597,538	-597,310	-594,030	-593,781
34 - Y -	-2,700	-3,020	-3,020	-2,700
34 - X -	-592,890	-476,230	-398,650	-383,170
34 - Y -	-1,700	-1,060	-2,020	-1,870
34 - X -	-382,870	-382,550	-382,537	-381,810
34 - Y -	-2,230	-2,530	-2,539	-3,020
34 - X -	-362,700	-362,461	-362,110	-361,840
34 - Y -	-2,620	-2,458	-2,220	-1,670
34 - X -	-205,560	-198,060	-178,151	-161,780
34 - Y -	-0,850	-0,850	-0,716	-0,100
34 - X -	-161,189	-160,769	-160,111	-160,023
34 - Y -	-0,557	-0,948	-1,143	-1,169
34 - X -	-156,761	-156,481	-155,896	-155,623
34 - Y -	-1,068	-1,045	-0,650	-0,303
34 - X -	-153,698	-150,408	-145,757	-139,291
34 - Y -	0,127	0,127	0,271	0,229
34 - X -	-135,890	-134,312	-133,115	-132,470
34 - Y -	0,137	0,123	-0,067	-0,480
34 - X -	-130,489	-129,898	-127,743	-119,522
34 - Y -	-2,133	-2,322	-3,011	-4,150
34 - X -	-82,677	-78,677	-76,677	-75,985
34 - Y -	-3,150	-2,650	-2,590	-1,330
34 - X -	-75,906	-74,640	-72,263	-69,477
34 - Y -	-0,040	-0,090	-0,090	0,040
34 - X -	-43,496	-15,865	0,000	32,500
34 - Y -	-0,845	-1,106	-1,200	-1,200
33 - X -	-900,000	-832,680	-815,618	-815,450
33 - Y -	-2,200	-2,200	-2,153	-2,310
33 - X -	-811,270	-810,460	-810,065	-809,880









Locaties berekenings verticale; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

## 2.9 Materiaaltypen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [graden]	Cu top [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu onder [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
FLM2	10,00	10,00	0,00	0,10	0,10	0,10	1	1
Grind los, zwak	17,00	18,00	0,00	32,50	0,00	0,00	45000	45000
Grind matig, zw...	18,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Grind vast, zwa...	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000
Grind los, sterk ...	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Grind matig, ste...	19,00	21,00	0,00	32,50	0,00	0,00	45000	45000
Grind vast, sterk...	20,00	22,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Zand los	17,00	19,00	0,00	30,00	15,00	15,00	15000	15000
Zand matig	18,00	20,00	0,00	32,50	30,00	30,00	45000	45000
Zand vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Zand zwak siltig	18,00	20,00	0,00	27,00	30,00	30,00	35000	35000
Zand sterk siltig	18,00	20,00	0,00	25,00	50,00	50,00	15000	15000
Leem slap, zwa...	19,00	19,00	0,00	27,50	50,00	50,00	2000	2000
Leem matig, zw...	20,00	20,00	1,00	27,50	100,00	100,00	3000	3000
Leem vast, zwa...	21,00	21,00	2,50	27,50	200,00	200,00	5000	5000
Leem sterk zan...	19,00	19,00	0,00	27,50	50,00	50,00	3000	3000
Klei slap	14,00	14,00	1,00	17,50	25,00	25,00	1000	1000
Klei matig	17,00	17,00	5,00	17,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei vast	19,00	19,00	13,00	17,50	100,00	100,00	4000	4000
Klei slap, zwak ...	15,00	15,00	0,00	22,50	40,00	40,00	1500	1500
Klei matig, zwak ...	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00	3000	3000
Klei vast, zwak ...	20,00	20,00	13,00	22,50	120,00	120,00	5000	5000
Klei sterk zandig	18,00	18,00	0,00	27,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei slap, organi...	13,00	13,00	0,00	15,00	10,00	10,00	500	500
Klei matig, orga...	15,00	15,00	0,00	15,00	25,00	25,00	1000	1000
Veen slap	10,00	10,00	1,00	15,00	10,00	10,00	200	200
Veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00	500	500

Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [graden]	Nu [-]
FLM2	-	-	0,00
Grind los, zwak ...	-	-	0,23
Grind matig, zw...	-	-	0,23
Grind vast, zwa...	-	-	0,23
Grind los, sterk ...	-	-	0,23
Grind matig, ste...	-	-	0,23
Grind vast, sterk...	-	-	0,23
Zand los	-	-	0,32
Zand matig	-	-	0,30
Zand vast	-	-	0,28
Zand zwak siltig	-	-	0,35
Zand sterk siltig	-	-	0,35
Leem slap, zwa...	-	-	0,40
Leem matig, zw...	-	-	0,40
Leem vast, zwa...	-	-	0,40
Leem sterk zan...	-	-	0,40
Klei slap	-	-	0,45
Klei matig	-	-	0,45
Klei vast	-	-	0,45
Klei slap, zwak ...	-	-	0,40
Klei matig, zwak...	-	-	0,40
Klei vast, zwak ...	-	-	0,40
Klei sterk zandig	-	-	0,40
Klei slap, organi...	-	-	0,45
Klei matig, orga...	-	-	0,45
Veen slap	-	-	0,48
Veen matig	-	-	0,48

23-9-2013

M:\...DO+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 17

## 2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1	Polyetheen PE100
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]

Invoergegevens leiding no. 2	Polyetheen PE100
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]

Invoergegevens leiding no. 3	Polyetheen PE100
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]

Invoergegevens leiding no. 4	Polyetheen PE100
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]

2.11 Gegevens voor Leidingberekening	Nee
Leiding gevuld met water op rollen	Nee
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100 [%]
Volumegewicht vloeistof	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Relatieve verplaatsing	10,00 [mm]
Samendrukkingsconstante	6,00 [-]

23-9-2013

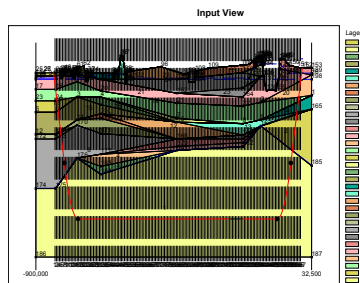
M:\...DO+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 18

Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00 [graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Opleghoek	30 [graden]
Belastingshoek	30 [graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10 [-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050 [N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20 [-]
Speciale spanningsanalyse	niet gebruikt

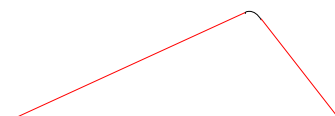
## 2.12 Geometrie

## 2.12.1 Geometrie Sectie, Detail



## 2.12.2 Geometrie Bovenaanzicht

Top View



## 2.13 Boorvloeistofdruk Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,405 [m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,114 [m]
Diameter boorgat voorruimen	0,650 [m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,114 [m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,650 [m]
Uitwendige diameter leiding	0,400 [m]
Debiet tijdens pilotboring	400,2 [liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	750,0 [liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	750,0 [liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30 [-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20 [-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20 [-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1 [kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014 [kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040 [kN.s/m <sup>2</sup> ]

## 2.14 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0 [-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5 [-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40 [-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25 [-]
Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80 [-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60 [-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor buigend moment	1,40 [-]
Importantie factor (S)	1,00 [-]
Volumegewicht water	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67 [-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50 [-]

23-9-2013

M:\...DO+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 19

23-9-2013

M:\...DO+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 20

3 Boorvoelstofdrukken

3.1 Boorvoelstofdruk Gegevens

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 1-56.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 57-120.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 121-167.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 14-77.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 78-141.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 142-167.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 1-34.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 35-98.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 99-162.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Max. deformatie, Max. gronddruk, Min. links, Min. rechts. Rows 163-167.

De minimaal vereiste mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende maximaal toelaatbare mud drukken. De maximale druk gebaseerd op deformatie houdt rekening met de vorming van scheuren rond het boorgat, terwijl de maximale druk gebaseerd op gronddruk een frac-out aangeeft richting maaveld.

3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Table with 5 columns: Verticaal nr., Boorvloeistof [kN/m²], Water [kN/m²], Veiligheidsfactor [-], Resultaat. Rows 1-49.

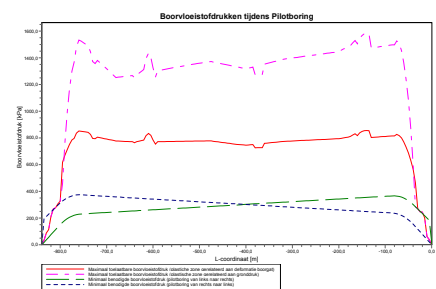
Table with 5 columns: Verticaal nr., Boorvloeistof [kN/m²], Water [kN/m²], Veiligheidsfactor [-], Resultaat. Rows 50-113.

Table with 5 columns: Verticaal nr., Boorvloeistof [kN/m²], Water [kN/m²], Veiligheidsfactor [-], Resultaat. Rows 114-167.

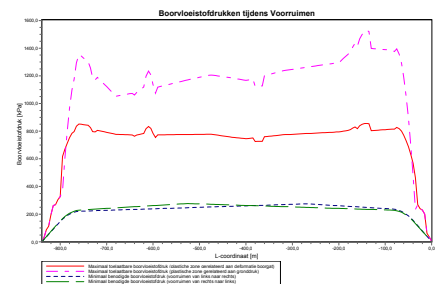
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen

















## 5 Gegevens voor Spanningsanalyse

## 5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	NPipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m <sup>3</sup>
Minimale kromtestraal	:	R = 150 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm <sup>2</sup>
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20
Maximale beddingsconstante	:	kv, max = 280752 kN/m <sup>3</sup>

## 5.2 Ballasten Leiding

Het oprijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingspercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal.

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	140	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	124	[kg/m]
Resultaat	:	16	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

## 5.3 Trekkraftberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0,10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0,000050 N/mm<sup>2</sup>)
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0,20)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkracht wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	34
T2	40	37
T3	87	44
T4	760	96
T5	807	108
T6	846	111

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 57

De berekende waarden van de trekkracht zijn verwachtingswaarden waarop nog een minimale onzekerheidsfactor van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening. In de volgende sterkteberekening is een factor van 0,00 gebruikt en een belasting factor van 1,00 (alleen voor staal).

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 58

## 6 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

## 6.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	:	sf = 1,00
Rekenfactor qn	:	sf = 1,00
Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	:	sf = 1,00
Incidenteleddruk	:	pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	:	T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	:	sf = 1,00
Lengte leiding	:	L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Constante van Poisson	:	nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	:	sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	:	sf = 0,0
Minimale kromtestraal	:	R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	:	sf = 1,1
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	:	Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	:	kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

## 6.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet.

## 6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:			
$\Sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot Ib) / (0,91 \cdot R \cdot Wb)$	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\Sigma_t = T1/A$	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 59

## 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot Ib) / (0,91 \cdot R \cdot Wb)$	=	0,9	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_t = T_{max}/A$	=	4,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	5,4	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):			
$qr = kv \cdot Y = (0,322 \cdot \Lambda \cdot E \cdot I) / (0,91 \cdot Do \cdot R)$			
$\Lambda = (kv \cdot Do) / (4 \cdot E \cdot I) \cdot 0,25$	=	5,1E-3	mm-1
qr	=	0,01163	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,7	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0,7	N/mm <sup>2</sup>

## 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

$\Sigma_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{px} = 0,5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

## 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsfase met Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot Ib) / (0,91 \cdot R \cdot Wb)$	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,7	N/mm <sup>2</sup>

## 6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsfase met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot Ib) / (0,91 \cdot R \cdot Wb)$	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
Ten gevolge van inwendige druk:			
$\Sigma_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{px} = 0,5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\Sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t} \cdot \alpha \cdot E$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 60



### 8 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

#### 8.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

#### 8.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

##### 8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Sigma_t = T1/A	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·min·Wb)	=	0,9	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_t = Tmax/A	=	4,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	5,4	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$$qr = kv \cdot Y = (0,322 \cdot \text{Lambda}^2 \cdot E \cdot I) / (0,91 \cdot \text{Do} \cdot R)$$

$$\text{Lambda} = (kv \cdot \text{Do} / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 5,1 \text{E-}3 \text{ mm-1}$$

$$qr = 0,01163 \text{ N/mm}^2$$

Sigma\_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do = 0,7 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning Sigma\_t,max = 0,7 N/mm<sup>2</sup>

##### 8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5·Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

##### 8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsfase, niet op Druk

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·min·Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	2,7	N/mm <sup>2</sup>

##### 8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsfase, op Druk

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
--	---	-----	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5·Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_Temp = Dt·gamma_t·alpha·g·E	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>
--------------------------------------	---	-----	-------------------

Tangentele spanning:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor Ftr	=	1,000	
Sigma_tmax = Sigma_py + (Ftr·Sigma_qr) + (Frr·Sigma_qn)	=		
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	2,7	N/mm <sup>2</sup>

#### 8.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

- Belasting combinatie 1
- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 2
- Sigma\_ptest < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 3
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 4
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	-	0,7	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De defectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare defectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De defectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare defectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De defectie is toelaatbaar..

##### 8.3.4 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsfase wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

### 9 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

#### 9.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

#### 9.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

##### 9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Sigma_t = T1/A	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

## 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_t = \text{Tmax}/\text{A} = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 5,4 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katem-5 D3.3):

$$qr = kv \cdot Y = (0,322 \cdot \text{Lambda}^2 \cdot \text{E} \cdot \text{I}) / (0,91 \cdot \text{Do} \cdot \text{R})$$

$$\text{Lambda} = (kv \cdot \text{Do} / (4 \cdot \text{E} \cdot \text{I}))^{0,25} = 5,1\text{E-}3 \text{ mm-1}$$

$$qr = 0,01163 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rrol} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{Temp} = \text{Dt} \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot \text{E} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

23-9-2013

M:\...ID0+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 69

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor Frr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor F'rr} = 1,000$$

$$\text{Sigma}_{t,\text{max}} = \text{Sigma}_{py} + (\text{F'rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (\text{Frr} \cdot \text{Sigma}_{qn})$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

## 9.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2

- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

## 9.3.4 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## Einde Rapport

23-9-2013

M:\...ID0+I HDD-11-12A Aanlegfase SDR

Pagina 70



**Rapport voor D-Geo Pipeline 6.3**

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam: BAM Infratechniek  
Datum van rapport: 23-9-2013  
Tijd van rapport: 10:18:22  
Bestandsnaam: M:\..ID0+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

**1 Inhoudsopgave**

1 Inhoudsopgave 2  
2 Invoergegevens 4  
2.1 Gebruikt model 4  
2.2 Laagscheidingen 4  
2.3 PN-Lijnen 13  
2.4 Freatische Lijn 13  
2.5 Grondprofielen 13  
2.6 Grenslagen 13  
2.7 Configuratie van de Pijpleiding 14  
2.8 Berekenings Verticalen 14  
2.9 Materiaaltypen 17  
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding 18  
2.11 Gegevens voor Leidingberekening 19  
2.12 Geometrie 19  
2.12.1 Geometrie Sectie, Detail 19  
2.12.2 Geometrie Bovenaanzicht 20  
2.13 Boorvoelstofdruk Gegevens 20  
2.14 Factoren 20  
3 Boorvoelstofdrukken 22  
3.1 Boorvoelstofdruk Gegevens 22  
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvoelstofdruk 30  
3.3 Boorvoelstofdruk Grafieken 33  
3.3.1 Boorvoelstofdrukken tijdens Pilotboring 33  
3.3.2 Boorvoelstofdrukken tijdens Voorruimen 33  
3.3.3 Boorvoelstofdrukken tijdens Ruim- en Intrekeroperatie 34  
4 Grondmechanische Parameters 35  
4.1 Grondmechanische Parameters 1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 35  
4.2 Grondmechanische Parameters 2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 40  
4.3 Grondmechanische Parameters 3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 46  
4.4 Grondmechanische Parameters 4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 51  
5 Gegevens voor Spanningsanalyse 58  
5.1 Algemene gegevens 58  
5.2 Ballasten Leiding 58  
5.3 Trekkraftberekening 58  
6 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 60  
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 61  
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 61  
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 61  
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 61  
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 61  
6.3 Controle van de Berekende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 62  
6.3.1 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 62  
7 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 63  
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 63  
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 64  
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 64  
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 64  
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 64  
7.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 65  
7.3.1 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 65  
8 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 66  
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 66  
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 67  
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 67  
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 67  
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 67  
8.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 68  
8.3.1 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 68

9 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 69  
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekeroperatie 69  
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekeroperatie 70  
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 70  
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 70  
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 70  
9.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 71  
9.3.1 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 71

**2 Invoergegevens**

**2.1 Gebruikt model**

Gebruikt model : Horizontaal Gestuurde Boring

**2.2 Laagscheidingen**

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
34 - X -	-900,000	-873,011	-832,680	-816,060	-815,880
34 - Y -	-1,839	-1,839	-1,840	-1,870	-1,920
34 - X -	-815,770	-815,618	-815,450	-814,710	-811,270
34 - Y -	-2,010	-2,153	-2,310	-2,530	-2,530
34 - X -	-810,460	-810,065	-809,880	-809,630	-804,320
34 - Y -	-2,410	-2,138	-2,010	-1,600	-1,540
34 - X -	-804,120	-804,020	-803,700	-803,299	-802,960
34 - Y -	-1,610	-1,700	-2,000	-2,119	-2,220
34 - X -	-780,950	-780,140	-780,087	-779,560	-779,560
34 - Y -	-2,220	-2,090	-2,055	-1,700	-1,650
34 - X -	-775,110	-774,910	-774,810	-774,777	-774,490
34 - Y -	-1,650	-1,910	-2,010	-2,040	-2,300
34 - X -	-773,750	-771,110	-770,300	-769,744	-769,470
34 - Y -	-2,520	-2,520	-2,400	-2,026	-1,590
34 - X -	-760,420	-738,450	-731,000	-730,847	-730,810
34 - Y -	-1,090	-0,980	-2,040	-2,257	-2,310
34 - X -	-730,710	-730,390	-729,640	-729,910	-725,100
34 - Y -	-2,400	-2,700	-2,920	-2,920	-2,790
34 - X -	-724,510	-724,489	-724,240	-710,511	-640,520
34 - Y -	-2,400	-2,313	-1,820	-1,836	-1,920
34 - X -	-640,310	-640,210	-639,890	-639,447	-639,140
34 - Y -	-2,180	-2,280	-2,570	-2,700	-2,790
34 - X -	-638,555	-638,360	-637,770	-637,510	-618,630
34 - Y -	-2,700	-2,670	-2,280	-1,980	-1,350
34 - X -	-613,240	-607,020	-596,670	-598,050	-597,538
34 - Y -	-0,420	-1,920	-1,620	-1,250	-2,200
34 - X -	-597,310	-594,030	-593,781	-593,220	-592,890
34 - Y -	-3,020	-3,020	-2,700	-1,980	-1,700
34 - X -	-476,230	-399,402	-399,301	-399,207	-399,107
34 - Y -	-1,060	-1,876	-2,012	-2,138	-2,231
34 - X -	-398,786	-398,674	-398,041	-379,743	-378,933
34 - Y -	-2,529	-2,604	-3,027	-3,019	-2,618
34 - X -	-376,794	-376,348	-376,677	-317,800	-205,560
34 - Y -	-2,524	-2,223	-1,674	-1,250	-0,850
34 - X -	-178,151	-161,780	-161,384	-160,769	-160,111
34 - Y -	-0,716	-0,100	-0,295	-0,948	-1,143
34 - X -	-160,023	-157,291	-156,761	-156,481	-155,896
34 - Y -	-1,169	-1,169	-1,088	-1,045	-0,650
34 - X -	-155,623	-155,180	-153,698	-150,408	-145,757
34 - Y -	-0,303	-0,160	-0,127	-0,127	-0,271
34 - X -	-139,291	-137,847	-135,890	-134,912	-133,115
34 - Y -	0,229	0,220	0,137	0,123	-0,067
34 - X -	-132,470	-132,249	-130,489	-129,898	-127,743
34 - Y -	-0,480	-0,931	-2,133	-2,322	-3,011
34 - X -	-119,522	-89,697	-82,677	-78,677	-76,677
34 - Y -	-4,150	-4,150	-3,150	-2,650	-2,150
34 - X -	-75,985	-75,906	-75,906	-74,840	-72,263
34 - Y -	-1,330	-1,236	-0,940	-0,690	-0,290
34 - X -	-69,477	-62,980	-43,496	-15,865	0,000
34 - Y -	0,040	0,040	-0,845	-1,106	-1,200
34 - X -	32,500				
34 - Y -	-1,200				
33 - X -	-900,000	-832,680	-815,618	-815,450	-814,710
33 - Y -	-2,200	-2,200	-2,153	-2,310	-2,530
33 - X -	-811,270	-810,460	-810,065	-809,880	-809,630

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3 Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 5 columns of coordinate values.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3 Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 5 columns of coordinate values.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3 Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 5 columns of coordinate values.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3 Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 5 columns of coordinate values.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m], and 3 columns of coordinate data. Rows list various separation numbers and their corresponding x, y, and z coordinates.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m], and 3 columns of coordinate data. Rows list various separation numbers and their corresponding x, y, and z coordinates.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m], and 3 columns of coordinate data. Rows list various separation numbers and their corresponding x, y, and z coordinates.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m], and 3 columns of coordinate data. Rows list various separation numbers and their corresponding x, y, and z coordinates.



Locaties berekenings verticale; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogt met de intrude coördinaat.

2.9 Materiaaltypen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>2</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>2</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [graden]	Cu top [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu onder [kN/m <sup>2</sup> ]	Ernod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Ernod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
FLM2	10,00	10,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1
Grind los, zwak ...	17,00	18,00	0,00	32,50	0,00	0,00	45000	45000
Grind matig, zw...	18,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Grind vast, zwa...	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000
Grind los, sterk ...	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Grind matig, ste...	19,00	21,00	0,00	32,50	0,00	0,00	45000	45000
Grind vast, sterk...	20,00	22,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Zand los	17,00	19,00	0,00	30,00	15,00	15,00	15000	15000
Zand matig	18,00	20,00	0,00	32,50	30,00	30,00	45000	45000
Zand vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00	75000	75000
Zand zwak siltig	18,00	20,00	0,00	27,00	30,00	30,00	35000	35000
Zand sterk siltig	18,00	20,00	0,00	25,00	50,00	50,00	15000	15000
Leem slap, zwa...	19,00	19,00	0,00	27,50	50,00	50,00	2000	2000
Leem matig, zw...	20,00	20,00	1,00	27,50	100,00	100,00	3000	3000
Leem vast, zwa...	21,00	21,00	2,50	27,50	200,00	200,00	5000	5000
Leem sterk zan...	19,00	19,00	0,00	27,50	50,00	50,00	3000	3000
Klei slap	14,00	14,00	1,00	17,50	25,00	25,00	1000	1000
Klei matig	17,00	17,00	5,00	17,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei vast	19,00	19,00	13,00	17,50	100,00	100,00	4000	4000
Klei slap, zwak ...	15,00	15,00	0,00	22,50	40,00	40,00	1500	1500
Klei matig, zwak...	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00	3000	3000
Klei vast, zwak ...	20,00	20,00	13,00	22,50	120,00	120,00	5000	5000
Klei sterk zandig	19,00	19,00	0,00	27,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei slap, organi...	13,00	13,00	0,00	15,00	10,00	10,00	500	500
Klei matig, orga...	15,00	15,00	0,00	15,00	25,00	25,00	1000	1000
Veen slap	10,00	10,00	1,00	15,00	10,00	10,00	200	200
Veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00	500	500
FLM1	5,00	15,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1
FLM3	25,00	25,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1
Trein	50,00	50,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1

Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [graden]	Nu [-]
FLM2	-	-	0,00
Grind los, zwak ...	-	-	0,23
Grind matig, zw...	-	-	0,23
Grind vast, zwa...	-	-	0,23
Grind los, sterk ...	-	-	0,23
Grind matig, ste...	-	-	0,23
Grind vast, sterk...	-	-	0,23
Zand los	-	-	0,32
Zand matig	-	-	0,30
Zand vast	-	-	0,28
Zand zwak siltig	-	-	0,35
Zand sterk siltig	-	-	0,35
Leem slap, zwa...	-	-	0,40
Leem matig, zw...	-	-	0,40
Leem vast, zwa...	-	-	0,40
Leem sterk zan...	-	-	0,40
Klei slap	-	-	0,45
Klei matig	-	-	0,45
Klei vast	-	-	0,45
Klei slap, zwak ...	-	-	0,40
Klei matig, zwak...	-	-	0,40
Klei vast, zwak ...	-	-	0,40
Klei sterk zandig	-	-	0,40
Klei slap, organi...	-	-	0,45

Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [graden]	Nu [-]
Klei matig, orga...	-	-	0,45
Veen slap	-	-	0,48
Veen matig	-	-	0,48
FLM1	-	-	0,00
FLM3	-	-	0,00
Trein	-	-	0,00

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1	Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00	[kPa]
Incidenteleddruk	0,00	[kPa]

Invoergegevens leiding no. 2	Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00	[kPa]
Incidenteleddruk	0,00	[kPa]

Invoergegevens leiding no. 3	Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00	[kPa]
Incidenteleddruk	0,00	[kPa]

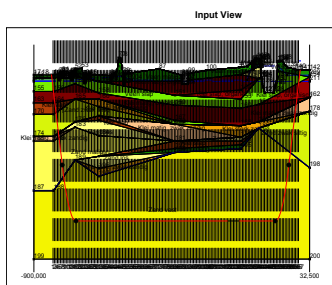
Invoergegevens leiding no. 4	Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00	[kPa]
Incidenteleddruk	0,00	[kPa]

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

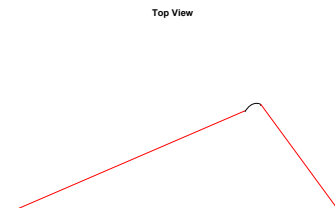
Leiding gevuld met water op rollen	Nee
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100 [%]
Volume gewicht vloeistof	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Relatieve verplaatsing	10,00 [mm]
Samendrukkingsconstante	6,00 [-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00 [graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Opleghoek	30 [graden]
Belastingshoek	30 [graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10 [-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050 [N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20 [-]
Speciale spannings analyse	niet gebruikt

2.12 Geometrie

2.12.1 Geometrie Sectie, Detail



2.12.2 Geometrie Bovenaanzicht



2.13 Boorvloeistofdruk Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,405 [m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,114 [m]
Diameter boorgat voorruimen	0,650 [m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,114 [m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,650 [m]
Uitwendige diameter leiding	0,400 [m]
Debiet tijdens pilotboring	400,2 [liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	750,0 [liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	750,0 [liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30 [-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20 [-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20 [-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1 [kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014 [kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0,00040 [kN.s/m <sup>2</sup> ]

2.14 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0 [-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5 [-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40 [-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25 [-]
Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80 [-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60 [-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor buigend moment	1,40 [-]
Importantie factor (S)	1,00 [-]
Volumegewicht water	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67 [-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50 [-]













BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., P.v.p [kN/m²], P.v.n [kN/m²], P.h.n [kN/m²], P.v.r.n [kN/m²], kv.top [kN/m²]. Rows 69-133.

23-9-2013

M:\...\DO\HDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 41

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., P.v.p [kN/m²], P.v.n [kN/m²], P.h.n [kN/m²], P.v.r.n [kN/m²], kv.top [kN/m²]. Rows 134-167.

Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], P.v.e [kN/m²], kh [kN/m²], P.h.e [kN/m²], lmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 1-28.

23-9-2013

M:\...\DO\HDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 42

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], P.v.e [kN/m²], kh [kN/m²], P.h.e [kN/m²], lmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 29-93.

23-9-2013

M:\...\DO\HDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 43

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], P.v.e [kN/m²], kh [kN/m²], P.h.e [kN/m²], lmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 94-158.

23-9-2013

M:\...\DO\HDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 44





Table with 6 columns: Verticaal nr., Pv,r [kN/m²], Pv,n [kN/m²], Ph,n [kN/m²], Pv,r,n [kN/m²], kv,top [kN/m²]. Rows 123-167.

Table with 8 columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 1-17.

Table with 8 columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 18-82.

Table with 8 columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 83-147.

Table with 8 columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 148-167.

Maximale grondbelasting : Pv,n, max = 196 kN/m²
Maximale geranduceerde grondbelasting : Pv,r,n, max = 41 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv, max = 270563 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv, max = 554260 kN/m²

## 5 Gegevens voor Spanningsanalyse

### 5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	: NPipes= 4 [-]
Diameter leiding	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Volumegewicht boorvloeistof	: gamma_b = 11,10 kN/m <sup>3</sup>
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	: f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	: f2 = 0,000050 N/mm <sup>2</sup>
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	: f3 = 0,20
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 280752 kN/m <sup>3</sup>

### 5.2 Ballasten Leiding

Het oprijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingspercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal.

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	: 140	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	: 124	[kg/m]
Resultaat	: 16	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

### 5.3 Trekrachtberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0,10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0,000050 N/mm<sup>2</sup>)
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0,20)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkraft in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkraften wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	34
T2	40	37
T3	87	44
T4	761	96
T5	808	108
T6	846	111

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 57

De berekende waarden van de trekkraft zijn verwachtingswaarden waarop nog een minimale onzekerheidsfactor van 1,4 moet worden toegepast in de sterkte berekening. In de volgende sterkteberekening is een factor van 0,00 gebruikt en een belasting factor van 1,00 (alleen voor staal).

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 58

## 6 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidentele druk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidentele druk	: sf = 1,00
Lengte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alpha = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

### 6.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet.

#### 6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:		
$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = (E \cdot lb) / (0,91 \cdot R \cdot \text{rol} \cdot Wb)$	=	0,5 [N/mm <sup>2</sup> ]
$\text{Sigma}_t = T1/A$	=	1,5 [N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_a, \text{max}$	=	1,7 [N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 59

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = (E \cdot lb) / (0,91 \cdot R \cdot \text{min} \cdot Wb)$	=	0,9	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_t = T \cdot \text{max} / A$	=	4,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_a, \text{max}$	=	5,4	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$$qr = kv \cdot Y = (0,322 \cdot \text{Lambda}^2 \cdot E \cdot I) / (0,91 \cdot \text{Do} \cdot R)$$

$$\text{Lambda} = (kv \cdot \text{Do}) / (4 \cdot E \cdot I)^{0,25} = 5,1 \text{E-}3 \text{ mm}^{-1}$$

$$qr = 0,01163 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot \text{Do} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \text{Sigma}_{t, \text{max}} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

### 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

### 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = (E \cdot lb) / (0,91 \cdot R \cdot \text{min} \cdot Wb) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \text{Sigma}_{a, \text{max}} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \text{Sigma}_{t, \text{max}} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

### 6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = (E \cdot lb) / (0,91 \cdot R \cdot \text{rol} \cdot Wb) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk:

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{Temp} = Dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha} \cdot g \cdot E = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

23-9-2013

M:\..IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 60

BAM Infratechniek	D-Geo Pipeline 6.3
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	= 0,2 N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:	
Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	= 0,4 N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k qn (rg/Ww) Do	= 3,8 N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	= 1,000
Rerounding factor F'rr	= 1,000
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr Sigma_qr) + (Frr Sigma_qn))	
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	= 2,8 N/mm <sup>2</sup>

**6.3 Controle van de Berekende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1**

- Belasting combinatie 1
  - Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 2
  - Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 3
  - Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 4
  - Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.  
De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar..

**6.3.4 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De totaal toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

BAM Infratechniek	D-Geo Pipeline 6.3
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	= 0,2 N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:	
Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	= 0,4 N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k qn (rg/Ww) Do	= 3,8 N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	= 1,000
Rerounding factor F'rr	= 1,000
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr Sigma_qr) + (Frr Sigma_qn))	
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	= 2,8 N/mm <sup>2</sup>

**7 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2**

**7.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2**

- De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
- Rekenfactor aanlegbelasting : sf = 1,00
- Rekenfactor qn : sf = 1,00
- Leiding materiaal : Polyetheen PE100
- Buiter- diameter : Do = 200,00 mm
- Nominale wanddikte : t = 18,2 mm
- Ontwerpdruk : pd = 0,00 Bar
- Rekenfactor ontwerpdruk : sf = 1,00
- Incidentele druk : pt = 0,00 Bar
- Temperatuur variatie : T = 0,00 Degree Celcius
- Rekenfactor incidenteledruk : sf = 1,00
- Lengte leiding : L = 846 m
- Elasticiteitsmodulus (kort) : E = 975 N/mm<sup>2</sup>
- Elasticiteitsmodulus (lang) : E = 350 N/mm<sup>2</sup>
- Toelaatbare spanning (kort) : S = 10 N/mm<sup>2</sup>
- Toelaatbare spanning (lang) : S = 8 N/mm<sup>2</sup>
- Importantie factor (S) : S = 1,00
- Constante van Poisson : nu = 0,4
- Voluemegegewicht leidingmateriaal : gamma\_s = 9,54 kN/m<sup>3</sup>
- Onzekerheidsfactor qn : sf = 0,0
- Onzekerheidsfactor kv : sf = 0,0
- Minimale kromtestraal : R = 150 m
- Onzekerheidsfactor straal : sf = 1,1
- Opleghoek : beta = 30 graden
- Belastingshoek : alfa = 30 graden
- Momentcoëfficiënt grond top (indirect) : kt' = 0,078
- Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect) : kb' = 0,179
- Momentcoëfficiënt grond top (direct) : kt = 0,257
- Momentcoëfficiënt bodem (direct) : kb = 0,257
- Deflectiecoëfficiënt (indirect) : ky = 0,071
- Deflectiecoëfficiënt (direct) : ky = 0,143
- Maximale verticale grondbelasting : Pv,r,n, max = 41 kN/m<sup>2</sup>
- Maximale beddingsconstante : kv, max = 554260 kN/m<sup>3</sup>

**7.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2**

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

**7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie**

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E*lb)/(0,91*Rrol*Wb)	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Sigma_t = T1/A	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

BAM Infratechniek	D-Geo Pipeline 6.3
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	= 0,2 N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:	
Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	= 0,4 N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k qn (rg/Ww) Do	= 3,8 N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	= 1,000
Rerounding factor F'rr	= 1,000
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr Sigma_qr) + (Frr Sigma_qn))	
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	= 2,8 N/mm <sup>2</sup>

**7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie**

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E*lb)/(0,91*Rmin*Wb)	=	0,9	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_t = Tmax/A	=	4,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	5,4	N/mm <sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

qr = kv \* V = (0,322 \* Lambda^2 \* E \* I) / (0,91 \* Do \* R)

Lambda = (kv \* Do / (4 \* E \* I))^0,25

qr	=	5,1E-3	mm-1
q	=	0,01163	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	=	0,7	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	0,7	N/mm <sup>2</sup>

**7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen**

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5 * Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

**7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie**

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E*lb)/(0,91*Rmin*Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k qn (rg/Ww) Do	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	2,8	N/mm <sup>2</sup>

**7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E*lb)/(0,91*Rrol*Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-----	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5 * Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_Temp = Dt * gamma_t * alpha g * E	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

BAM Infratechniek	D-Geo Pipeline 6.3
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	= 0,2 N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:	
Sigma_qr = k' qr (rg/Ww) Do	= 0,4 N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k qn (rg/Ww) Do	= 3,8 N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	= 1,000
Rerounding factor F'rr	= 1,000
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr Sigma_qr) + (Frr Sigma_qn))	
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	= 2,8 N/mm <sup>2</sup>

**7.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2**

Belasting combinatie 1

- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2

- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.  
De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar..

**7.3.4 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De totaal toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.



8 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

8.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Sigma_t = T1/A	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·min·Wb)	=	0,9	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_t = Tmax/A	=	4,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	5,4	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

qr = kv·Y = (0,322·Lambda<sup>2</sup>·E·I)/(0,91·Do·R)

Lambda = (kv·Do)/(4·E·I)<sup>0,25</sup> = 5,1E-3 mm-1

qr = 0,01163 N/mm<sup>2</sup>

Sigma\_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do = 0,7 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning Sigma\_t,max = 0,7 N/mm<sup>2</sup>

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5·Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsfase, niet op druk

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·min·Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	2,8	N/mm <sup>2</sup>

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsfase, op druk

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,3	N/mm <sup>2</sup>
--	---	-----	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

Sigma_py = pd·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_px = 0,5·Sigma_py	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_ptest = pt·((ru <sup>2</sup> + ri <sup>2</sup> )/(ru <sup>2</sup> - ri <sup>2</sup> ))	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_Temp = Dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0,2	N/mm <sup>2</sup>
Tangentele spanning:			
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,8	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor Ftr	=	1,000	
Sigma_t,max = Sigma_py + (Ftr·Sigma_qr) + (Frr·Sigma_qn)			
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	2,8	N/mm <sup>2</sup>

8.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

- Belasting combinatie 1
- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 2
- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 3
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor
- Belasting combinatie 4
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
  - Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De defectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare defectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De defectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare defectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De defectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsfase wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

9 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

9.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

Sigma_b = Mb/Wb = (E·lb)/(0,91·R·rol·Wb)	=	0,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Sigma_t = T1/A	=	1,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	1,7	[N/mm <sup>2</sup> ]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

## 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_t = \text{Tmax}/\text{A} = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 5,4 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katem-5 D3.3):

$$qr = kv \cdot Y = (0,322 \cdot \text{Lambda}^2 \cdot \text{E} \cdot \text{I}) / (0,91 \cdot \text{Do} \cdot \text{R})$$

$$\text{Lambda} = (kv \cdot \text{Do} / (4 \cdot \text{E} \cdot \text{I}))^{0,25} = 5,1\text{E-}3 \text{ mm-1}$$

$$qr = 0,01163 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

## 9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rrol} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{Temp} = \text{Dt} \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot \text{E} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

23-9-2013

M:\...IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 69

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,\text{max}} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor Frr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor F'rr} = 1,000$$

$$\text{Sigma}_{t,\text{max}} = \text{Sigma}_{py} + (\text{F'rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (\text{Frr} \cdot \text{Sigma}_{qn})$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma}_{t,\text{max}} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

## 9.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2

- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

## 9.3.4 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## Einde Rapport

23-9-2013

M:\...IDO+IHDD-11-12B Aanlegfase SDR

Pagina 70



## **BIJLAGE 3 BEREKENING BEDRIJFSFASE**

Rapport voor D-Geo Pipeline 6.3

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam: BAM Infratechniek
Datum van rapport: 23-9-2013
Tijd van rapport: 10:17:29
Bestandsnaam: M:\..11-12 Jaagpad Rijdijk Spoorbaan\DO+HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave 2
2 Invoergegevens 3
2.1 Gebruikt model 3
2.2 Laagscheidingen 3
2.3 PN-Lijnen 15
2.4 Freatische Lijn 16
2.5 Grondprofielen 16
2.6 Grenslagen 16
2.7 Configuratie van de Pijpleiding 16
2.8 Berekenings Verticalen 17
2.9 Materiaaltypen 20
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding 21
2.11 Gegevens voor Leidingberekening 22
2.12 Geometrie 22
2.12.1 Geometrie Sectie, Detail 22
2.12.2 Geometrie Bovenanzicht 23
2.13 Boorvoelstofdruk Gegevens 23
2.14 Factoren 23
3 Grondmechanische Parameters 25
3.1 Grondmechanische Parameters 1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 25
3.2 Grondmechanische Parameters 2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 30
3.3 Grondmechanische Parameters 3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 36
3.4 Grondmechanische Parameters 4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 41
4 Gegevens voor Spanningsanalyse 48
4.1 Algemene gegevens 48
4.2 Ballasten Leiding 48
5 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 49
5.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 49
5.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 49
5.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern Op Druk Brengen 49
5.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 50
5.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 50
5.3 Controle van de Berekende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 51
5.3.1 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1 51
6 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 52
6.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 52
6.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 52
6.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern Op Druk Brengen 52
6.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 53
6.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 53
6.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 53
6.3.1 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2 54
7 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 55
7.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 55
7.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 55
7.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 55
7.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 56
7.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 56
7.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 56
7.3.1 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3 57
8 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 58
8.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 58
8.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 58
8.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 58
8.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 59
8.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 59
8.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 59
8.3.1 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4 60

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt model

Gebruikt model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Table with columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m]. Rows contain coordinate data for various layers (40-X, 40-Y).

Table with columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m]. Rows contain coordinate data for various layers (40-X, 40-Y).



BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 4 coordinate values. Rows 33-Y to 31-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 4 coordinate values. Rows 31-Y to 30-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 4 coordinate values. Rows 28-Y to 26-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m], and 4 coordinate values. Rows 28-Y to 26-X.

Table with columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m]. Contains coordinate data for various layers (Laagscheidingnummer) such as 26 - Y, 26 - X, etc.

Table with columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m]. Contains coordinate data for various layers (Laagscheidingnummer) such as 23 - Y, 23 - X, etc.

Table with columns: Laagscheidingnummer, Coördinaten [m]. Contains coordinate data for various layers (Laagscheidingnummer) such as 15 - Y, 14 - X, etc.

Table with columns: PN-lijnummer, Coördinaten [m]. Contains coordinate data for PN-lijnummer 1, 2, 3.

2.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

2.5 Grondprofielen

Table with columns: Laag nummer, Materiaalnaam, PN-Lijnen boven, PN-Lijnen onder. Lists material layers and their positions.

2.6 Grenslagen

De grens tussen cohesieve toplagen en onderliggende niet-cohesieve gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 1: Zand vast

2.7 Configuratie van de Pijpleiding

Table with columns: X-coördinaat linker punt, Y-coördinaat linker punt, Z-coördinaat linker punt. Contains coordinates for the pipe configuration.





Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [graden]	Nu [-]
FLM1	-	-	0,00
FLM3	-	-	0,00
Trein	-	-	0,00

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

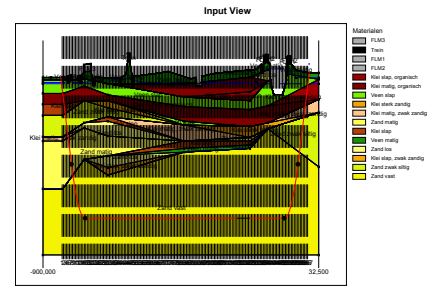
Invoergegevens leiding no. 1	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteledruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 2	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteledruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 3	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteledruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 4	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteledruk	0,00 [kPa]

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100 [%]
Volumegewicht vloeistof	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Relatieve verplaatsing	10,00 [mm]
Sarnendrukingsconstante	6,00 [-]
Bedingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Hoek van invendige wrijving boorvloeistof	15,00 [graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00 [kN/m <sup>2</sup> ]
Opleghoek	30 [graden]
Belastingshoek	30 [graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10 [-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050 [N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20 [-]
Speciale spanningsanalyse	niet gebruikt

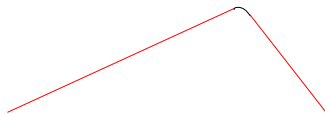
2.12 Geometrie

2.12.1 Geometrie Sectie, Detail



2.12.2 Geometrie Bovenaanzicht

Top View



2.13 Boorvloeistofdruk Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,405 [m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,114 [m]
Diameter boorgat voorruimen	0,650 [m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,114 [m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,650 [m]
Uitwendige diameter leiding	0,400 [m]
Debiet tijdens pilotboring	400,2 [liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	750,0 [liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	750,0 [liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30 [-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20 [-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20 [-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1 [kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014 [kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040 [kN.s/m <sup>2</sup> ]

2.14 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0 [-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5 [-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht	
materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40 [-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25 [-]
Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80 [-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60 [-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor buigend moment	1,40 [-]
Importantie factor (S)	1,00 [-]
Volumegewicht water	10,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67 [-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50 [-]

3 Grondmechanische Parameters

3.1 Grondmechanische Parameters 1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merck op: veiligheidsfactoren niet toegepast

Pv,p	Passieve grondbelasting	kN/m <sup>2</sup>
Pv,n	Neutrale grondbelasting	kN/m <sup>2</sup>
Ph,n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m <sup>2</sup>
Pv,r,n	Gereducerde neutrale grondbelasting	kN/m <sup>2</sup>
kv,top1	Verticaal beddingsgetal (bilineair) omhoog	kN/m <sup>3</sup>
kv,top2	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
Pv,e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
Ph,e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
Imax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv,p [kN/m <sup>2</sup> ]	Pv,n [kN/m <sup>2</sup> ]	Ph,n [kN/m <sup>2</sup> ]	Pv,r,n [kN/m <sup>2</sup> ]	kv,top [kN/m <sup>3</sup> ]
1	21	8	6	6	539
2	37	13	7	9	2709
3	65	21	11	15	2876
4	346	38	19	25	123140
5	198	46	21	29	87810
6	718	67	27	36	156049
7	886	92	30	41	156049
8	947	101	30	40	156049
9	1357	117	30	40	270563
10	1466	132	17	22	270563
11	1557	145	11	15	270563
12	1647	158	10	13	270563
13	1721	169	9	12	270563
14	1741	173	9	12	270563
15	1838	188	9	12	270563
16	2027	219	9	12	270563
17	2023	218	9	12	270563
18	2016	217	9	12	270563
19	2009	216	9	12	270563
20	2002	215	9	12	270563
21	1804	182	9	12	270563
22	1725	170	9	12	270563
23	1716	169	9	12	270563
24	1749	174	9	12	270563
25	1740	172	9	12	270563
26	1730	171	9	12	270563
27	1720	169	9	12	270563
28	1710	168	9	12	270563
29	1700	166	9	12	270563
30	1690	165	9	12	270563
31	1680	163	9	12	270563
32	1670	162	9	12	270563
33	1668	161	9	12	270563
34	1666	161	9	12	270563
35	1664	161	9	12	270563
36	1662	160	9	12	270563
37	1660	160	9	12	270563
38	1658	160	9	12	270563
39	1656	159	9	12	270563
40	1633	156	9	12	270563
41	1654	159	9	12	270563













5.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{min} \cdot W_b)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,7 N/mm<sup>2</sup>

5.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{rol} \cdot W_b)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t1} \cdot \alpha_g \cdot E$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Rerounding factor  $F_{rr}$  = 1,000

Rerounding factor  $F_{tr}$  = 1,000

$\sigma_{t\_t,max} = \sigma_{py} + (F_{tr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn})$

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,7 N/mm<sup>2</sup>

5.3 Controle van de Berekende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Belasting combinatie 1  
 -  $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2  
 -  $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3  
 -  $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4  
 -  $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
$\sigma_{ptest}$	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{py}$	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
$\sigma_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.  
 De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

5.3.4 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

6 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

6.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting :  $sf = 1,00$

Rekenfactor  $q_n$  :  $sf = 1,00$

Leiding materiaal : Polyetheen PE100

Buiten- diameter :  $Do = 200,00 \text{ mm}$

Nominale wanddikte :  $t = 18,2 \text{ mm}$

Ontwerpdruk :  $p_d = 0,00 \text{ Bar}$

Rekenfactor ontwerpdruk :  $sf = 1,00$

Incidentele druk :  $p_t = 0,00 \text{ Bar}$

Temperatuur variatie :  $T = 0,00 \text{ Degree Celcius}$

Rekenfactor incidentele druk :  $sf = 1,00$

Lengte leiding :  $L = 846 \text{ m}$

Elasticiteitsmodulus (kort) :  $E = 975 \text{ N/mm}^2$

Elasticiteitsmodulus (lang) :  $E = 350 \text{ N/mm}^2$

Toelaatbare spanning (kort) :  $S = 10 \text{ N/mm}^2$

Toelaatbare spanning (lang) :  $S = 8 \text{ N/mm}^2$

Importantie factor (S) :  $S = 1,00$

Constante van Poisson :  $\nu = 0,4$

Volumegewicht leidingmateriaal :  $\gamma_{s,s} = 9,54 \text{ kN/m}^3$

Onzekerheidsfactor  $q_n$  :  $sf = 0,0$

Onzekerheidsfactor  $kv$  :  $sf = 0,0$

Minimale kromtestraal :  $R = 150 \text{ m}$

Onzekerheidsfactor straal :  $sf = 1,1$

Opleghoek :  $\beta = 30 \text{ graden}$

Belastingshoek :  $\alpha = 30 \text{ graden}$

Momentcoëfficiënt grond top (indirect) :  $kt' = 0,078$

Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect) :  $kb' = 0,179$

Momentcoëfficiënt grond top (direct) :  $kt = 0,257$

Momentcoëfficiënt bodem (direct) :  $kb = 0,257$

Deflectiecoëfficiënt (indirect) :  $ky = 0,071$

Deflectiecoëfficiënt (direct) :  $ky = 0,143$

Maximale verticale grondbelasting :  $P_{v,r,n,max} = 41 \text{ kN/m}^2$

Maximale beddingsconstante :  $kv,max = 554260 \text{ kN/m}^3$

6.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

6.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{min} \cdot W_b)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,7 N/mm<sup>2</sup>

6.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{rol} \cdot W_b)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t1} \cdot \alpha_g \cdot E$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Rerounding factor  $F_{rr}$  = 1,000

Rerounding factor  $F_{tr}$  = 1,000

$\sigma_{t\_t,max} = \sigma_{py} + (F_{tr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn})$

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,7 N/mm<sup>2</sup>

6.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

Belasting combinatie 1  
 -  $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2  
 -  $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3  
 -  $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4  
 -  $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$   
 -  $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$



Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 6.3.4 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

23-9-2013

M:\...DO+HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 53

## 7 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

### 7.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Lengte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

### 7.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 7.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma\_py} = \text{pd} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_px} = 0,5 \text{ Sigma\_py} = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_ptest} = \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

23-9-2013

M:\...DO+HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 54

### 7.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma\_b} = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma\_a\_max} = 0,2 \quad \text{N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma\_t\_max} = 2,7 \quad \text{N/mm}^2$$

### 7.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma\_b} = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rrol} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \quad \text{N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma\_py} = \text{pd} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_px} = 0,5 \text{ Sigma\_py} = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_ptest} = \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_Temp} = \text{Dt} \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha} \cdot \text{g} \cdot \text{E} = 0,0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma\_a\_max} = 0,2 \quad \text{N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor Frr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor Ftr} = 1,000$$

$$\text{Sigma\_t\_max} = \text{Sigma\_py} + (\text{Frr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (\text{Ftr} \cdot \text{Sigma\_qn})$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma\_t\_max} = 2,7 \quad \text{N/mm}^2$$

### 7.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2

- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4

- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

23-9-2013

M:\...DO+HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 55

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 7.3.4 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

23-9-2013

M:\...DO+HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 56

## 8 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

### 8.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiter- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Lengte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

### 8.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 8.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

23-9-2013

M:\...DO\HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 57

## 8.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot I_b)/(0,91 \cdot R_{min} \cdot Wb) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

## 8.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = Mb/Wb = (E \cdot I_b)/(0,91 \cdot R_{rol} \cdot Wb) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = pd \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t,s} \cdot \alpha \cdot g \cdot E = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor } F_{rr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor } F_{tr} = 1,000$$

$$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{tr} \cdot \sigma_{qn})) = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

## 8.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Belasting combinatie 1  
-  $\sigma_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$   
-  $\sigma_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2  
-  $\sigma_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$   
-  $\sigma_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3  
-  $\sigma_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$   
-  $\sigma_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4  
-  $\sigma_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$   
-  $\sigma_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

23-9-2013

M:\...DO\HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 58

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
$\sigma_{ptest}$	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{py}$	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
$\sigma_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,7	2,7

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 8.3.4 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijde uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijde uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## Einde Rapport

23-9-2013

M:\...DO\HDD-11-12A Bedrijfsfase SDR

Pagina 59



Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten (m) X, Y, Z, and a fourth coordinate column. Rows 38-Y to 38-X.

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten (m) X, Y, Z, and a fourth coordinate column. Rows 38-Y to 37-X.

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten (m) X, Y, Z, and a fourth coordinate column. Rows 35-Y to 35-X.

Table with 5 columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten (m) X, Y, Z, and a fourth coordinate column. Rows 35-Y to 34-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m]. Rows 34-Y to 32-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m]. Rows 32-Y to 31-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m]. Rows 29-Y to 29-X.

BAM Infratechniek

D-Geo Pipeline 6.3

Table with columns: Laagscheidingsnummer, Coördinaten [m]. Rows 29-Y to 27-X.





Naam	Gamma overz [kN/m²]	Gamma verz [kN/m²]	Cohesie [kN/m²]	Phi [graden]	Cu top [kN/m²]	Cu onder [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Klei sterk zandig	18,00	18,00	0,00	27,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei slap, organi...	13,00	13,00	0,00	15,00	10,00	10,00	500	500
Klei matig, orga...	15,00	15,00	0,00	15,00	25,00	25,00	1000	1000
Veen slap	10,00	10,00	1,00	15,00	10,00	10,00	200	200
Veen matig	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	20,00	500	500
FLM1	5,00	15,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1
FLM3	25,00	25,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1
Trein	50,00	50,00	0,00	0,01	0,10	0,10	1	1

Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [graden]	Nu [-]
FLM2	-	-	0,00
Grind los, zwak ...	-	-	0,23
Grind matig, zw...	-	-	0,23
Grind vast, zwa...	-	-	0,23
Grind los, sterk ...	-	-	0,23
Grind matig, ste...	-	-	0,23
Grind vast, sterk...	-	-	0,23
Zand los	-	-	0,32
Zand matig	-	-	0,30
Zand vast	-	-	0,28
Zand zwak siltig	-	-	0,35
Zand sterk siltig	-	-	0,35
Leem slap, zwa...	-	-	0,40
Leem matig, zw...	-	-	0,40
Leem vast, zwa...	-	-	0,40
Leem sterk zan...	-	-	0,40
Klei slap	-	-	0,45
Klei matig	-	-	0,45
Klei vast	-	-	0,45
Klei slap, zwak ...	-	-	0,40
Klei matig, zwak ...	-	-	0,40
Klei vast, zwak ...	-	-	0,40
Klei sterk zandig	-	-	0,40
Klei slap, organi...	-	-	0,45
Klei matig, orga...	-	-	0,45
Veen slap	-	-	0,48
Veen matig	-	-	0,48
FLM1	-	-	0,00
FLM3	-	-	0,00
Trein	-	-	0,00

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 2	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm²]

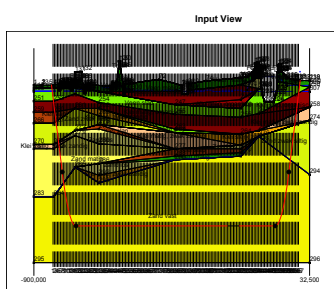
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 3	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]
Invoergegevens leiding no. 4	
Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975 [N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0 [N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0 [N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65 [-]
Uitwendige diameter leiding	200,00 [mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18,20 [mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54 [kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00 [kPa]
Incidenteleddruk	0,00 [kPa]

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

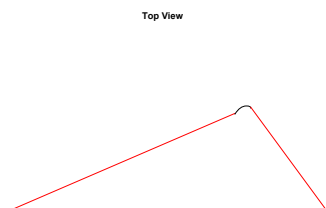
Leiding gevuld met water op rollen	Nee
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100 [%]
Volumegewicht vloeistof	10,00 [kN/m³]
Relatieve verplaatsing	10,00 [mm]
Samendrukkingsconstante	6,00 [-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00 [kN/mm]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00 [graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00 [kN/m²]
Opleghoek	30 [graden]
Belastingshoek	30 [graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10 [-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000500 [N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20 [-]
Speciale spanningsanalyse	niet gebruikt

2.12 Geometrie

2.12.1 Geometrie Sectie, Detail



2.12.2 Geometrie Bovenaanzicht



2.13 Boorvloeistofdruk Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,405 [m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,114 [m]
Diameter boorgat voorruimen	0,650 [m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,114 [m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,650 [m]
Uitwendige diameter leiding	0,400 [m]
Debiet tijdens pilotboring	400,2 [liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	750,0 [liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	750,0 [liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30 [-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20 [-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20 [-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1 [kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014 [kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040 [kN.s/m²]

2.14 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0 [-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5 [-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40 [-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25 [-]
Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80 [-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60 [-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10 [-]
Onzekerheidsfactor buigend moment	1,40 [-]
Importantie factor (S)	1,00 [-]
Volumegewicht water	10,00 [kN/m³]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67 [-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50 [-]



3 Grondmechanische Parameters

3.1 Grondmechanische Parameters 1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast

Table mapping variables to values: Pv,p: Passieve grondbelasting kN/m^2, Pv,n: Neutrale grondbelasting kN/m^2, Ph,n: Neutrale horizontale grondbelasting kN/m^2, etc.

Table with 6 columns: Verticaal nr., Pv,p [kN/m^2], Pv,n [kN/m^2], Ph,n [kN/m^2], Pv,r,n [kN/m^2], kv,top [kN/m^2]. Rows 1-42 showing increasing values.

Table with 6 columns: Verticaal nr., Pv,p [kN/m^2], Pv,n [kN/m^2], Ph,n [kN/m^2], Pv,r,n [kN/m^2], kv,top [kN/m^2]. Rows 43-107 showing values.

Table with 6 columns: Verticaal nr., Pv,p [kN/m^2], Pv,n [kN/m^2], Ph,n [kN/m^2], Pv,r,n [kN/m^2], kv,top [kN/m^2]. Rows 108-167 showing values.

Table with 9 columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m^2], Pv,e [kN/m^2], kh [kN/m^3], Ph,e [kN/m^2], tmax [kN/m^2], dmax [mm]. Rows 3-67 showing values.



BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., Pv,p [kN/m²], Pv,n [kN/m²], Ph,n [kN/m²], Pv,r,n [kN/m²], kv,top [kN/m²]. Rows 134-167.

Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], Tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 1-28.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], Tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 29-93.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], Tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 94-158.

BAM Infratechniek D-Geo Pipeline 6.3. Table with columns: Verticaal nr., dv [mm], kv [kN/m²], Pv,e [kN/m²], kh [kN/m²], Ph,e [kN/m²], Tmax [kN/m²], dmax [mm]. Rows 159-167.

Maximale grondbelasting : Pv,n, max = 236 kN/m²
Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv,r,n, max = 41 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv, max = 270563 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv, max = 554260 kN/m³

3.3 Grondmechanische Parameters 3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merck op: veiligheidsfactoren niet toegepast
Pv,p Passieve grondbelasting kN/m²
Pv,n Neutrale grondbelasting kN/m²
Ph,n Neutrale horizontale grondbelasting kN/m²
Pv,r,n Gereduceerde neutrale grondbelasting kN/m²
kv,top1 Verticaal beddingsgetal (bilineair) omhoog kN/m²
kv,top2 Verticaal beddingsgetal omhoog kN/m²
dv Verticale verplaatsing mm
kv Verticaal beddingsgetal omlaag kN/m²
Pv,e Verticaal evenwichtsdraagvermogen kN/m²
kh Horizontaal beddingsgetal kN/m²
Ph,e Horizontaal evenwichtsdraagvermogen kN/m²
Tmax Maximale wrijving leiding-boorvoetlofst kN/m²
dmax Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving mm

Table with columns: Verticaal nr., Pv,p [kN/m²], Pv,n [kN/m²], Ph,n [kN/m²], Pv,r,n [kN/m²], kv,top [kN/m²]. Rows 1-29.







## 5 Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

### 5.1 Materiaalgegevens1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

### 5.2 Resultaten Spanningsanalyse1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 5.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\text{Sigma}_{py} = \text{pd} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,0	N/mm <sup>2</sup>

23-9-2013

M:\..IDO+HDD-11-12B Bedrijfsfase SDR

Pagina 49

## 5.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsfase in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentiele spanning Sigma}_{t,max} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

### 5.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsfase met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rrol} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = \text{pd} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{Temp} = \text{Dt} \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot \text{E} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor Frr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor F'r} = 1,000$$

$$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + (\text{Frr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (\text{F'r} \cdot \text{Sigma}_{qn})$$

$$\text{Maximale tangentiele spanning Sigma}_{t,max} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

### 5.3 Controle van de Berekenende Spanningen1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Belasting combinatie 1  
- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2  
- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3  
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4  
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

23-9-2013

M:\..IDO+HDD-11-12B Bedrijfsfase SDR

Pagina 50

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar:

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 5.3.4 Toetsing op Implosie1 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdsige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfsfase wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdsige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

23-9-2013

M:\..IDO+HDD-11-12B Bedrijfsfase SDR

Pagina 51

## 6 Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

### 6.1 Materiaalgegevens2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleddruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleddruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentoëfficiënt grond top (indirect)	: kt = 0,078
Momentoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb = 0,179
Momentoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

### 6.2 Resultaten Spanningsanalyse2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 6.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = \text{pd} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0,5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

23-9-2013

M:\..IDO+HDD-11-12B Bedrijfsfase SDR

Pagina 52

6.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{min} \cdot Wb)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,8 N/mm<sup>2</sup>

6.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{rol} \cdot Wb)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = pd \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = pt \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t\_t} \cdot \alpha \cdot g \cdot E$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Rerounding factor  $F_{rr}$  = 1,000

Rerounding factor  $F_{tr}$  = 1,000

$\sigma_{t\_t,max} = \sigma_{py} + ((F_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{tr} \cdot \sigma_{qn}))$

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,8 N/mm<sup>2</sup>

6.3 Controle van de Berekende Spanningen2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

- Belasting combinatie 1
- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 2
- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 3
- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 4
- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
$\sigma_{ptest}$	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{py}$	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
$\sigma_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.3.4 Toetsing op Implosie2 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houdend voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

7 Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

7.1 Materiaalgegevens3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

- De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
- Rekenfactor aanlegbelasting :  $sf = 1,00$
  - Rekenfactor  $q_n$  :  $sf = 1,00$
  - Leiding materiaal : Polyetheen PE100
  - Buiten- diameter :  $Do = 200,00$  mm
  - Nominale wanddikte :  $t = 18,2$  mm
  - Ontwerpdruk :  $pd = 0,00$  Bar
  - Rekenfactor ontwerpdruk :  $sf = 1,00$
  - Incidentiedruk :  $pt = 0,00$  Bar
  - Temperatuur variatie :  $T = 0,00$  Degree Celcius
  - Rekenfactor incidentiedruk :  $sf = 1,00$
  - Lengte leiding :  $L = 846$  m
  - Elasticiteitsmodulus (kort) :  $E = 975$  N/mm<sup>2</sup>
  - Elasticiteitsmodulus (lang) :  $E = 350$  N/mm<sup>2</sup>
  - Toelaatbare spanning (kort) :  $S = 10$  N/mm<sup>2</sup>
  - Toelaatbare spanning (lang) :  $S = 8$  N/mm<sup>2</sup>
  - Importantie factor (S) :  $S = 1,00$
  - Constante van Poisson :  $\nu = 0,4$
  - Volumegewicht leidingmateriaal :  $\gamma_{m,s} = 9,54$  kN/m<sup>3</sup>
  - Onzekerheidsfactor  $q_n$  :  $sf = 0,0$
  - Onzekerheidsfactor  $kv$  :  $sf = 0,0$
  - Minimale kromtestraal :  $R = 150$  m
  - Onzekerheidsfactor straal :  $sf = 1,1$
  - Opleghoek :  $\beta = 30$  graden
  - Belastingshoek :  $\alpha = 30$  graden
  - Momentcoëfficiënt grond top (indirect) :  $kt = 0,078$
  - Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect) :  $kb = 0,179$
  - Momentcoëfficiënt grond top (direct) :  $kt = 0,257$
  - Momentcoëfficiënt bodem (direct) :  $kb = 0,257$
  - Deflectiecoëfficiënt (indirect) :  $ky = 0,071$
  - Deflectiecoëfficiënt (direct) :  $ky = 0,143$
  - Maximale verticale grondbelasting :  $P_{v,r,n,max} = 41$  kN/m<sup>2</sup>
  - Maximale beddingsconstante :  $kv,max = 554260$  kN/m<sup>3</sup>

7.2 Resultaten Spanningsanalyse3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = pd \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = pt \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

7.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{min} \cdot Wb)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,8 N/mm<sup>2</sup>

7.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_{b\_b} = Mb/Wb = (E \cdot I_b) / (0,91 \cdot R_{rol} \cdot Wb)$  = 0,3 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = pd \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py}$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = pt \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{Temp} = Dt \cdot \gamma_{t\_t} \cdot \alpha \cdot g \cdot E$  = 0,0 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a\_a,max}$  = 0,2 N/mm<sup>2</sup>

Tangentiele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 0,4 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$  = 3,8 N/mm<sup>2</sup>

Rerounding factor  $F_{rr}$  = 1,000

Rerounding factor  $F_{tr}$  = 1,000

$\sigma_{t\_t,max} = \sigma_{py} + ((F_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{tr} \cdot \sigma_{qn}))$

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t\_t,max}$  = 2,8 N/mm<sup>2</sup>

7.3 Controle van de Berekende Spanningen3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

- Belasting combinatie 1
- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 2
- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 3
- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- Belasting combinatie 4
- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
  - $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$



Voor alle spanningsituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.  
De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.3.4 Toetsing op Implosie3 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

8 Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

8.1 Materiaalgegevens4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Rekenfactor aanlegbelasting	: sf = 1,00
Rekenfactor qn	: sf = 1,00
Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18,2 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0,00 Bar
Rekenfactor ontwerpdruk	: sf = 1,00
Incidenteleldruk	: pt = 0,00 Bar
Temperatuur variatie	: T = 0,00 Degree Celcius
Rekenfactor incidenteleldruk	: sf = 1,00
Langte leiding	: L = 846 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Constante van Poisson	: nu = 0,4
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Onzekerheidsfactor qn	: sf = 0,0
Onzekerheidsfactor kv	: sf = 0,0
Minimale kromtestraal	: R = 150 m
Onzekerheidsfactor straal	: sf = 1,1
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0,143
Maximale verticale grondbelasting	: Pv,r,n, max = 41 kN/m <sup>2</sup>
Maximale beddingsconstante	: kv, max = 554260 kN/m <sup>3</sup>

8.2 Resultaten Spanningsanalyse4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma\_py} = \text{pd} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_px} = 0,5 \text{ Sigma\_py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_ptest} = \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

8.2.2 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma\_b} = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rmin} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma\_a\_max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma\_t\_max} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\text{Sigma\_b} = \text{Mb/Wb} = (\text{E} \cdot \text{Ib}) / (0,91 \cdot \text{Rrol} \cdot \text{Wb}) = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma\_py} = \text{pd} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_px} = 0,5 \text{ Sigma\_py} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_ptest} = \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2)) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_Temp} = \text{Dt} \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha} \cdot \text{g} \cdot \text{E} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma\_a\_max} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (\text{rg/Ww}) \cdot \text{Do} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rerounding factor Frr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor Ftr} = 1,000$$

$$\text{Sigma\_t\_max} = \text{Sigma\_py} + (\text{Frr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (\text{Ftr} \cdot \text{Sigma\_qn})$$

$$\text{Maximale tangentele spanning Sigma\_t\_max} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

8.3 Controle van de Berekende Spanningen4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Belasting combinatie 1  
- Sigma\_AxMax < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < ShortStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 2  
- Sigma\_ptest < ShortStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_py < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 3  
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Belasting combinatie 4  
- Sigma\_AxMax < LongStrength \* DamageFactor  
- Sigma\_TanMax < LongStrength \* DamageFactor

Voor alle spanningsituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,7	5,4	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tang...	10,00 (kort)	-	0,7	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (lang)	-	-	-	2,8	2,8

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 3,4 mm (1,7% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,0% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.  
De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 20,0 mm (5,0% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie4 HDPE200 PE100 SDR11: leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 278 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 210 kN/m<sup>2</sup>. De total toelaatbare druk wordt dan 1763 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 183 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

Einde Rapport



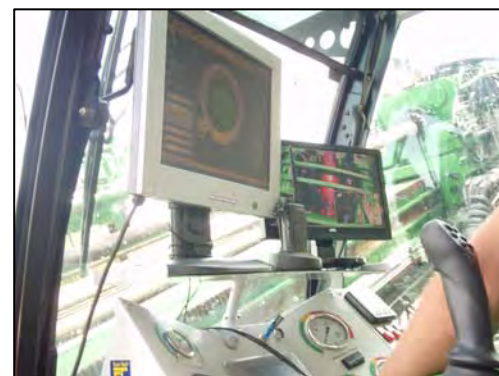
---

**BIJLAGE 4 PRODUCTBLAD MAXI-RIG**



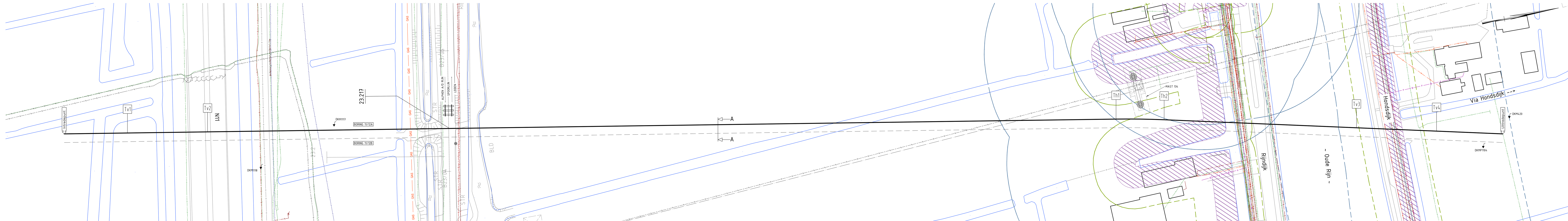
### Specificatie 80-tonner

Aandrijving	6-cilinder turbodiesel Motornummer	181 kW / 2.300 O/min. 10837380
Onderstel	Kracht achteruit Kracht vooruit Lengte vooruit	Max. 800 kN Max. 800 kN 6.000 mm
Boorkop	Draaimoment / Toerental Versnelling 1 Versnelling 2 Spoelas Uitlaatflens	33 kNm / 40 O/min. 16 kNm / 80 O/min. ID = 70 mm 4.1/2" IF
Breekunit	Breekmoment Klemgebied	45 kNm 95 – 254 mm
Besturing	Joystickbediening Klimaatinstallatie Indicaties	Elektro-hydraulisch 4 kW Analoog / digitaal
Onderstel	Rupsonderstel Breedte onderstel Helling van boor	2.450 mm 8° – 22°
Afmetingen	Lengte Breedte Hoogte	9.500 mm 2.450 mm 2.950 mm
Gewicht		22.500 kg
<b>Emissie-geluidsdruk niveau aan arbeidsplaats Lpa</b>		<b>78 [dB(A)]</b>

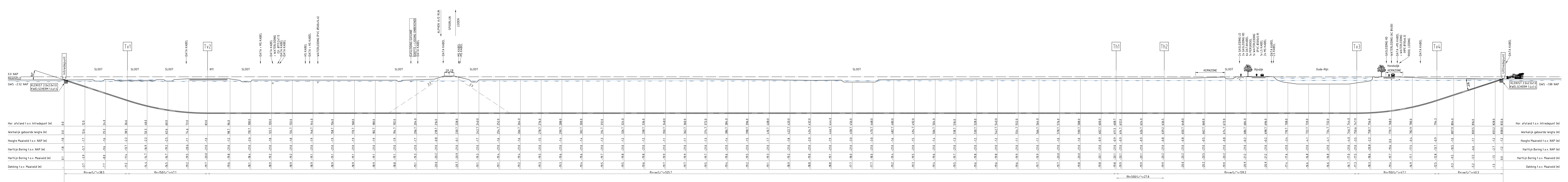




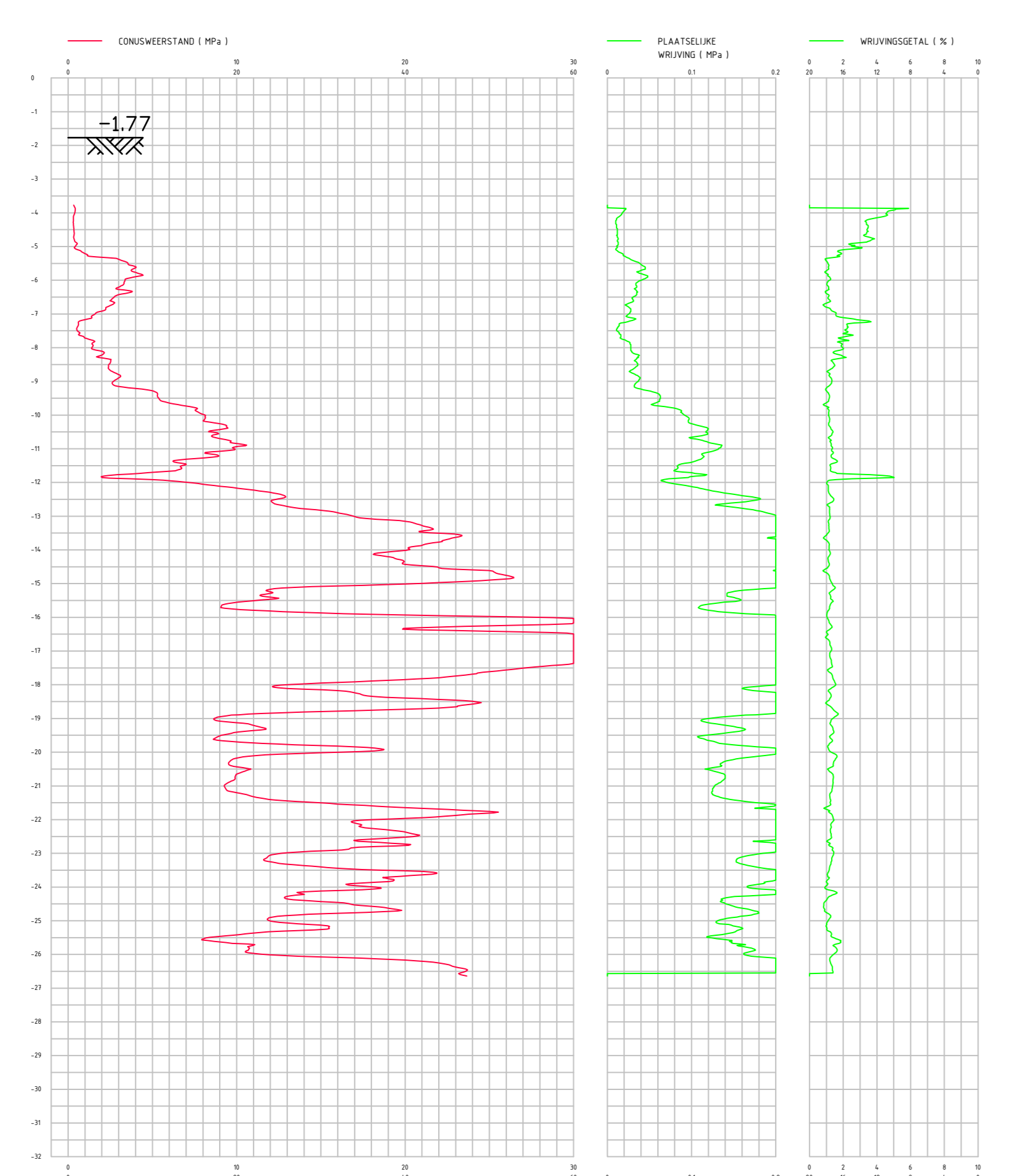
Bijlage 11a  
HDD-1112A



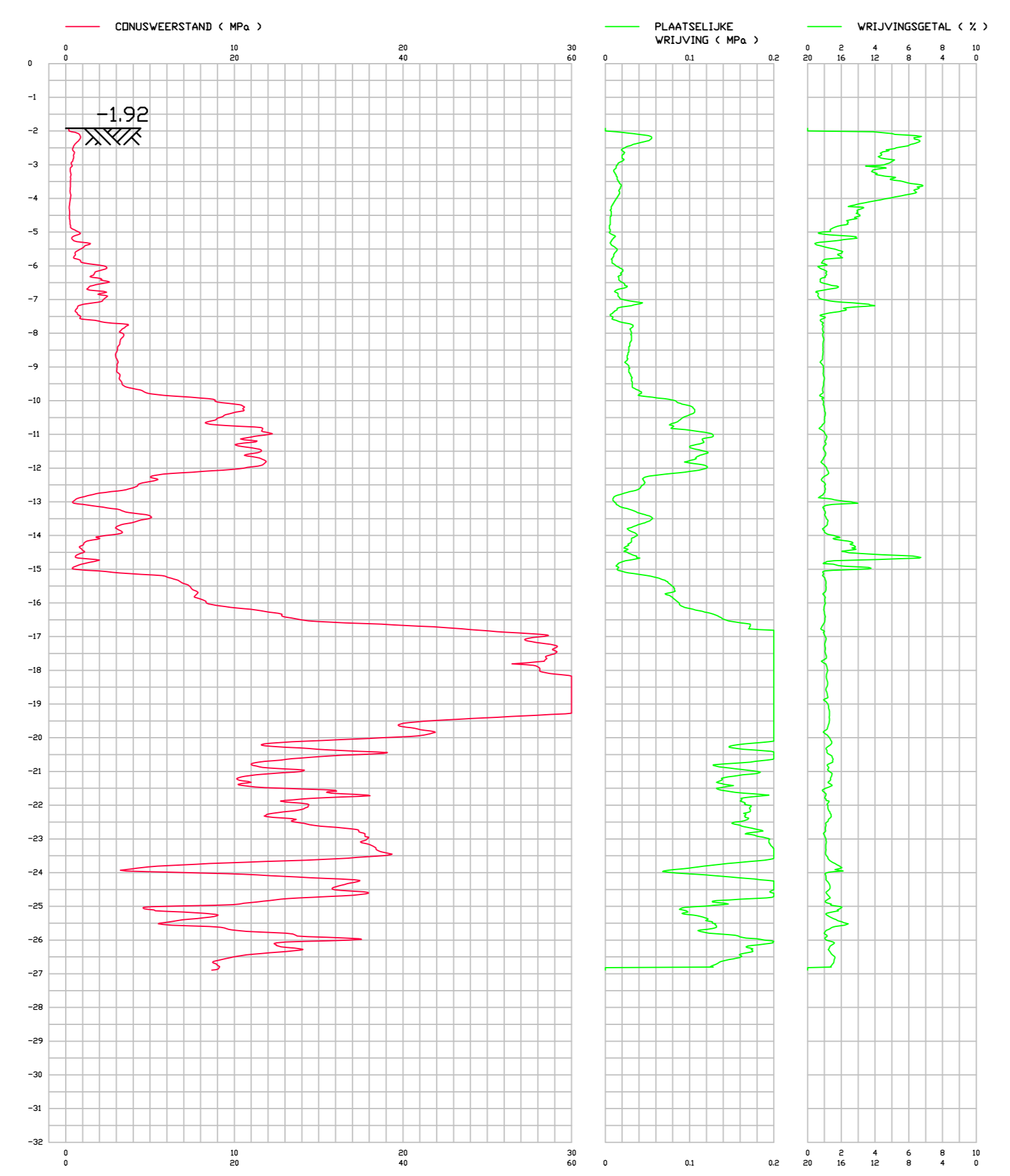
BOVENAANZICHT  
Schaal 1:500



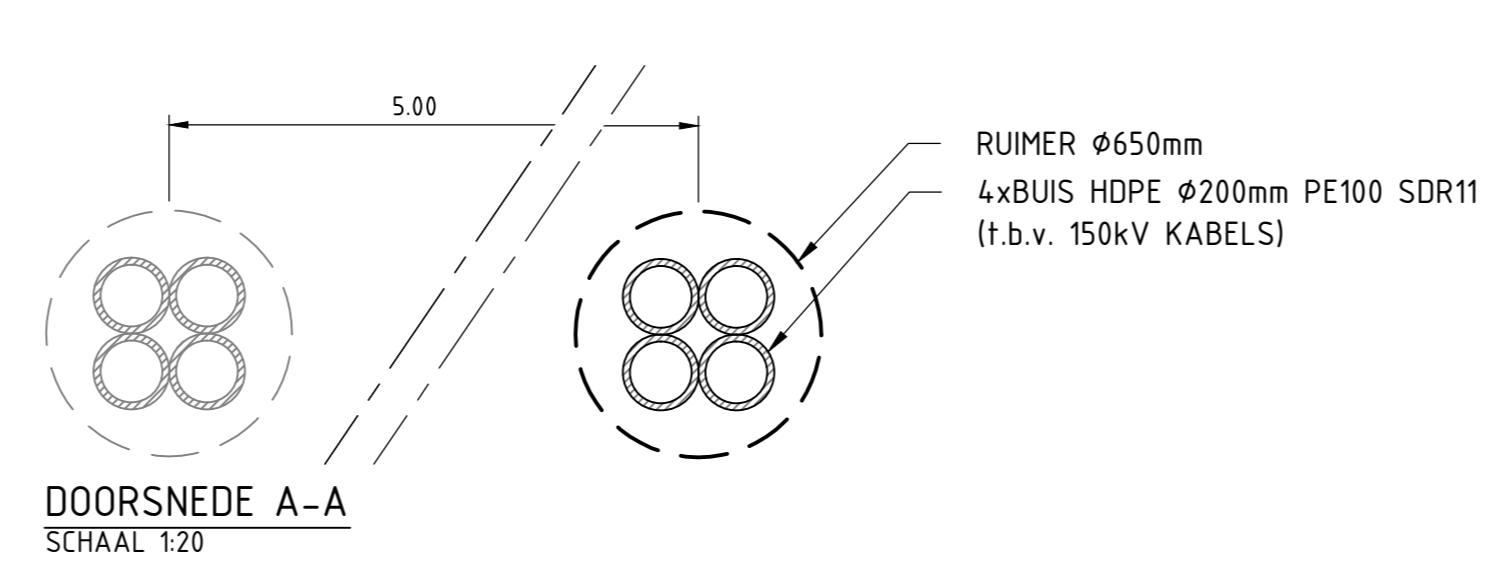
LANGSDOORSNEDE  
Schaal 1:500



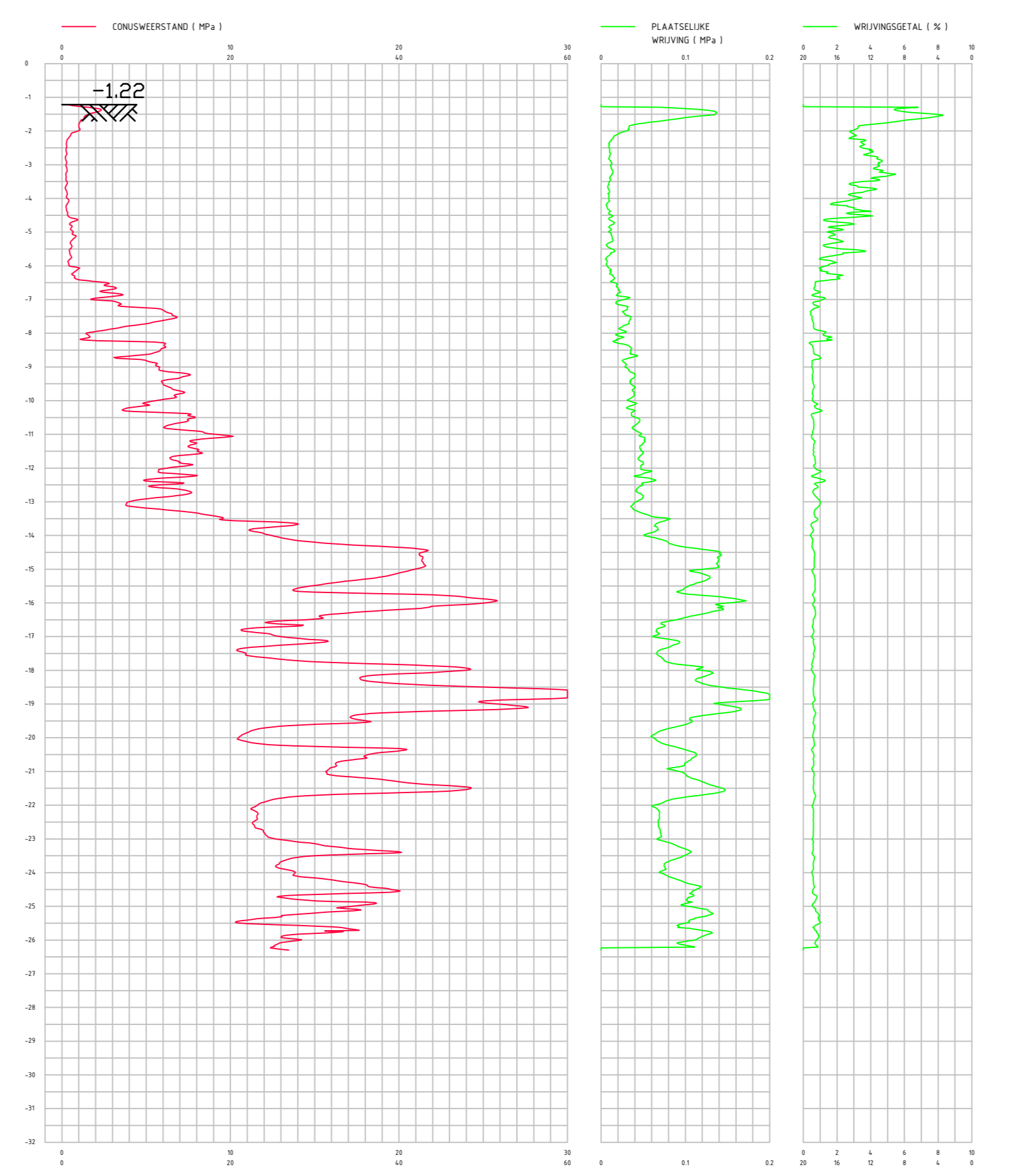
SONDERING DKM1118



SONDERING DKM1117



DOORSNEDE A-A  
Schaal 1:50

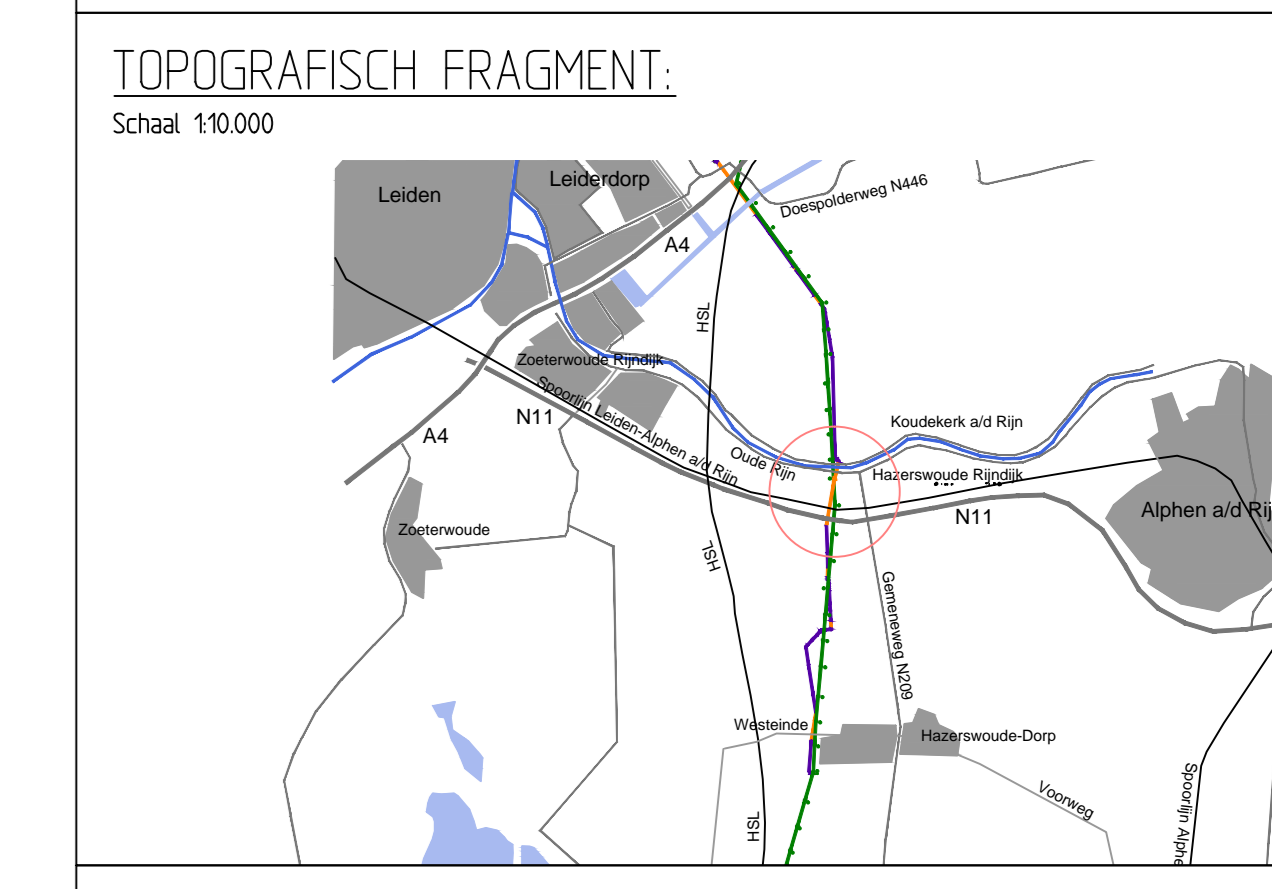


SONDERING DKMP1104

**VERKLARING**

— GAS	GASLEIDING
— GASLEIDING	GASLEIDING
— WATERLEIDING	WATERLEIDING
— VULWATER (VWA) TRANSPORTLEIDING	VULWATER (VWA) TRANSPORTLEIDING
— PERSELEIDING	PERSELEIDING
— DATA	DATA
— HOOGSPANNING	HOOGSPANNING
— MIDDENSPIANNING	MIDDENSPIANNING
— LAAGSPANNING	LAAGSPANNING
[Hatched Area]	KERNZONE
[Dotted Area]	BESCHERMINGSZONE
[Dashed Area]	BUITEN BESCHERMINGSZONE
[Green Area]	ASFALTVERHARDING
[Blue Area]	GRAS
[Blue Area]	WATER
[Symbol]	SONDERING

Plaatspunt	X	Y
Inleidingspunt	99428.837	43555.061
Tv1	99465.577	43626.673
Tv2	99476.648	43671.643
Th1	99495.031	44008.600
Th2	99515.981	44225.714
Tv3	99562.459	44933.938
Tv4	99575.377	44928.955
Uitleidingspunt	99622.432	44926.207



- OPMERKINGEN:**
1. HED langer wie inleidingpunt in beschermingszone
  2. Eigenaar aansprakelijk voor alle gegevens
  3. 7.77
  4. Boringen uitgevoerd met 50 afstand tussen HED en Mastfunctie 15k

**BLADVERWIJZINGEN:**  
001

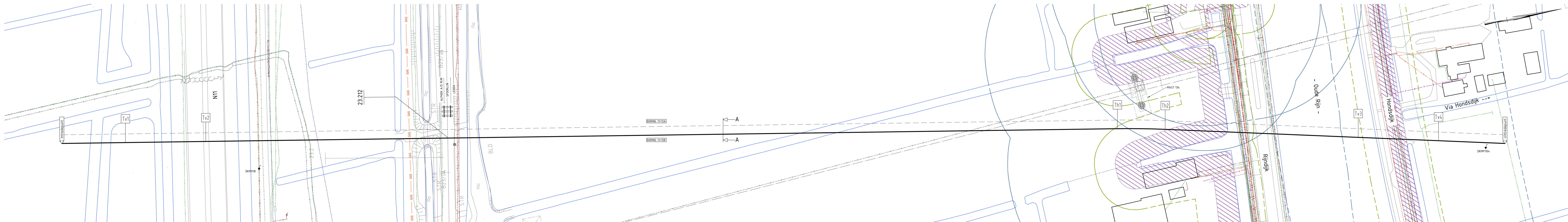
Definitief Ontwerp  
 Kabelroute ondergrond  
 HED-TV2-LOCatie Jaagpad / Rijspoor / Spoorbaan

Datum: 15-08-2024 / 15:08 / 1:00  
 Versie: 1.0 / 1.0 / 1.0  
 Schaal: 1:500 / 1:500 / 1:500

R3N-TEK-0050-001



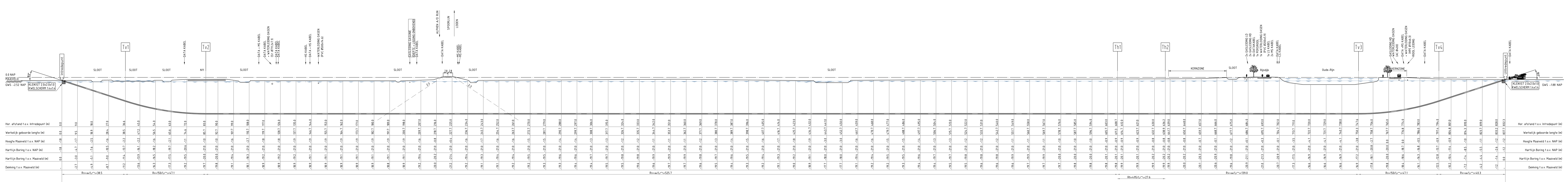
Bijlage 11b  
HDD-1112B



**VERKLARING**

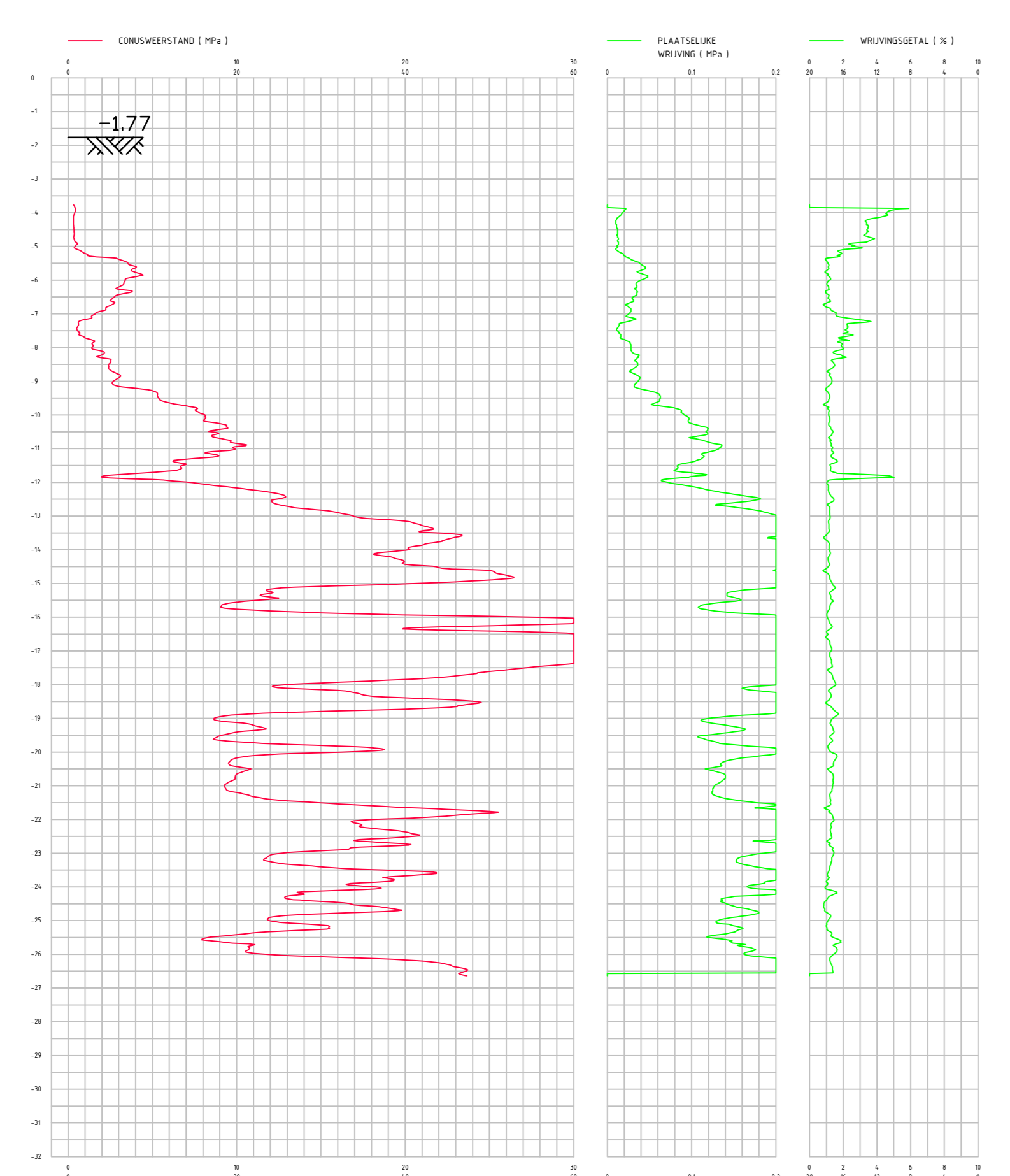
	GAS
	GASLEIDING GASLINE
	WATERLEIDING
	WALWATER (VWAJ) TRANSPORTLEIDING
	PERSEIDING
	MANTLELIUS
	DATA
	HOGEDRUKLEIDING
	MIDDELEDRUKLEIDING
	LAAGDRUKLEIDING
	KERNZONE
	BESCHERMINGSZONE
	BUITEN BESCHERMINGSZONE
	ASPFALTVERRIGING
	GRAS
	WATER
	SONDERING

BOVENAANZICHT  
SCHAL 1:500

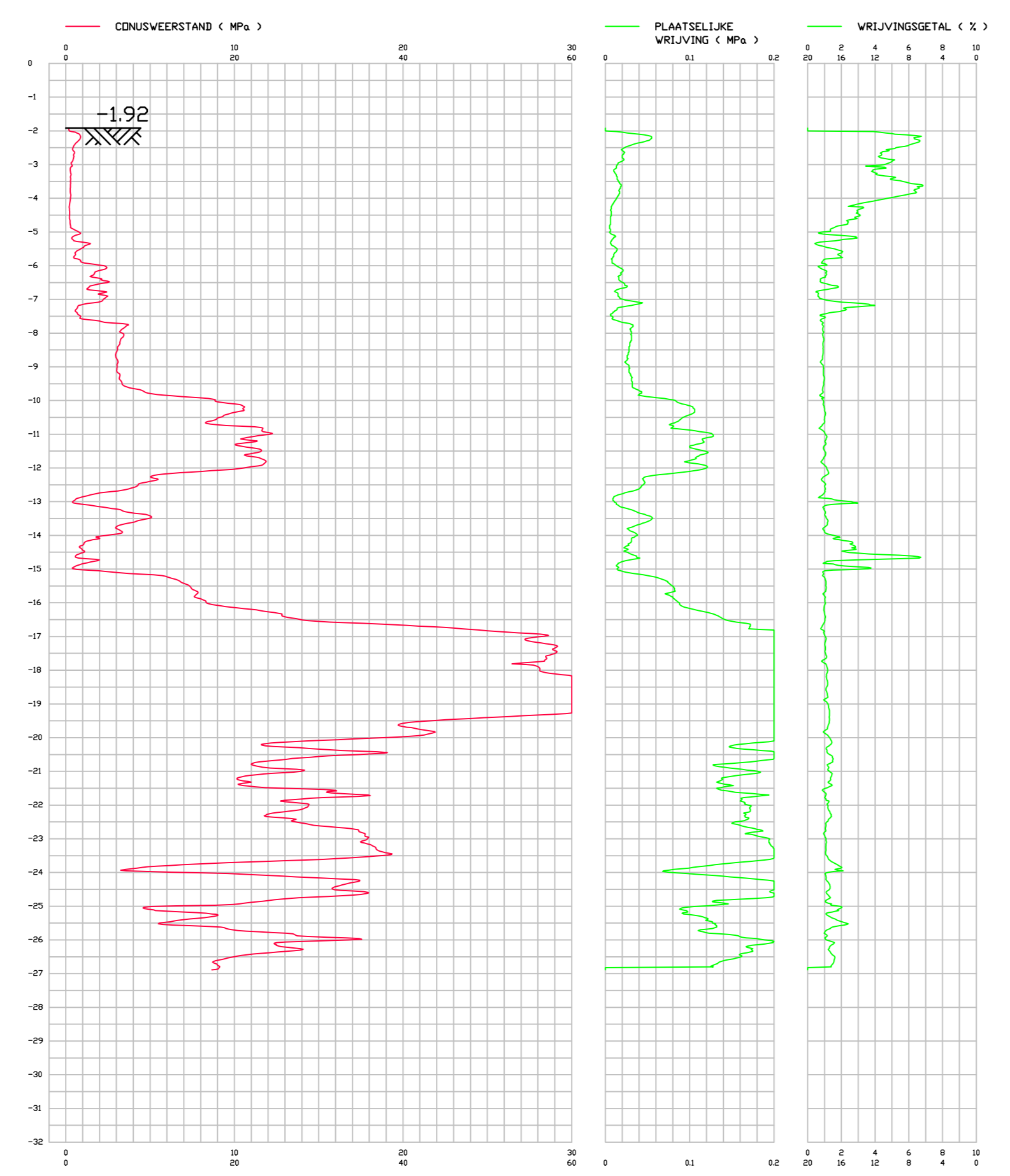


Radius Boring (m)

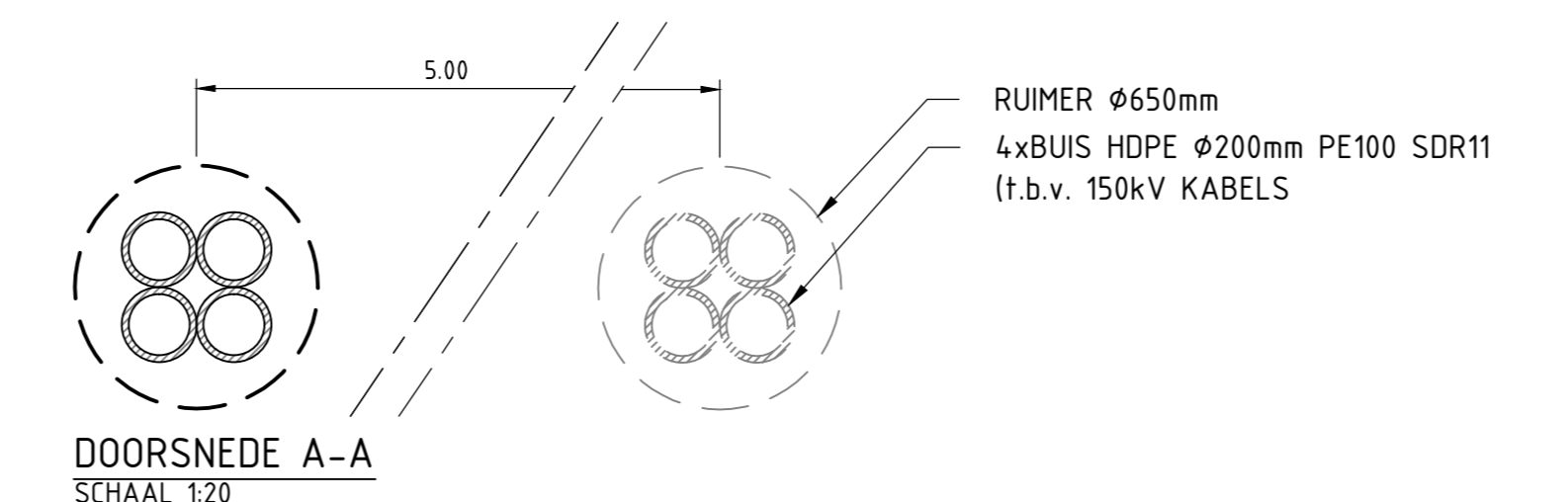
LANGSDOORSNEDE  
SCHAL 1:500



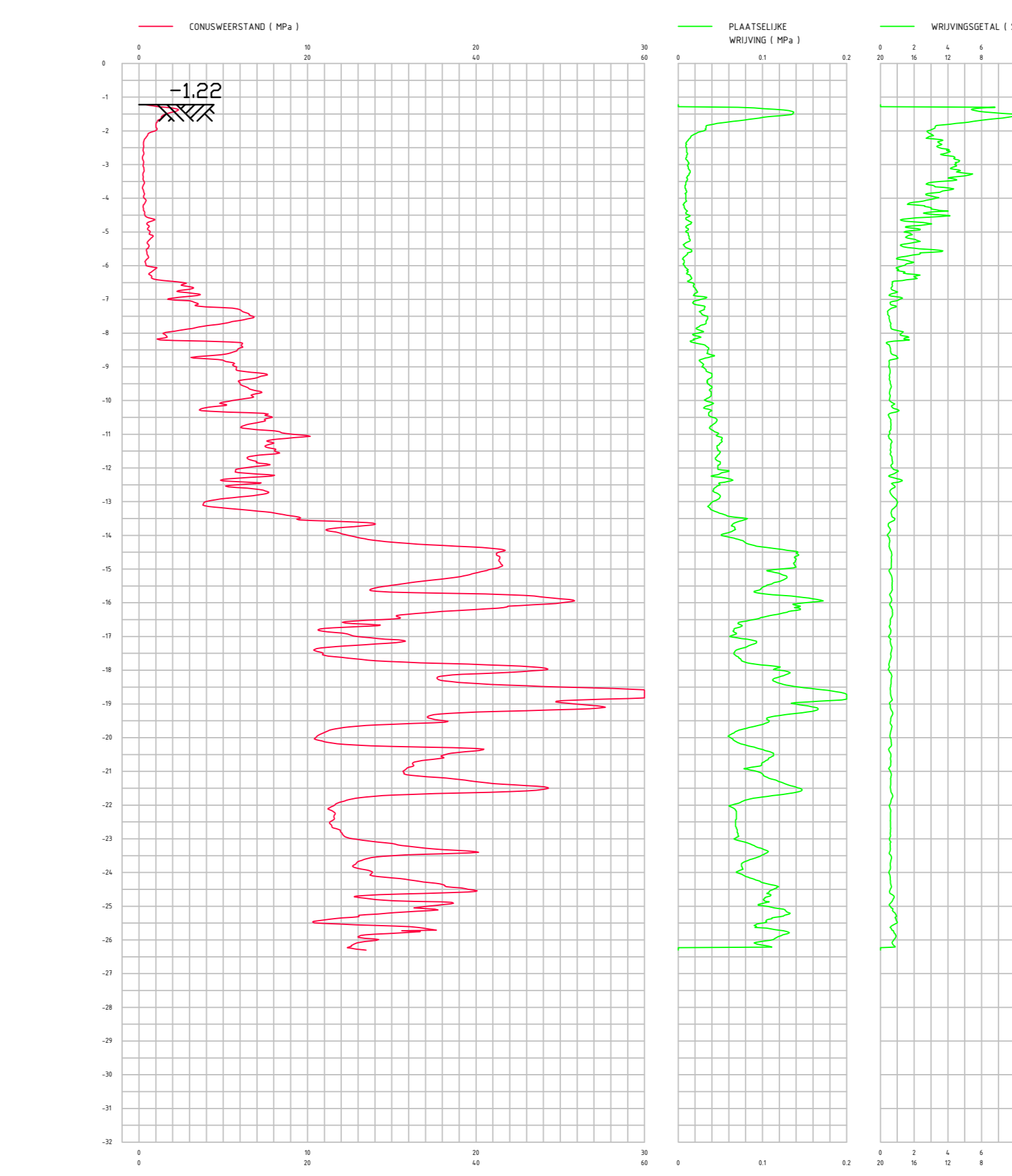
SONDERING DKM1118



SONDERING DKM1117

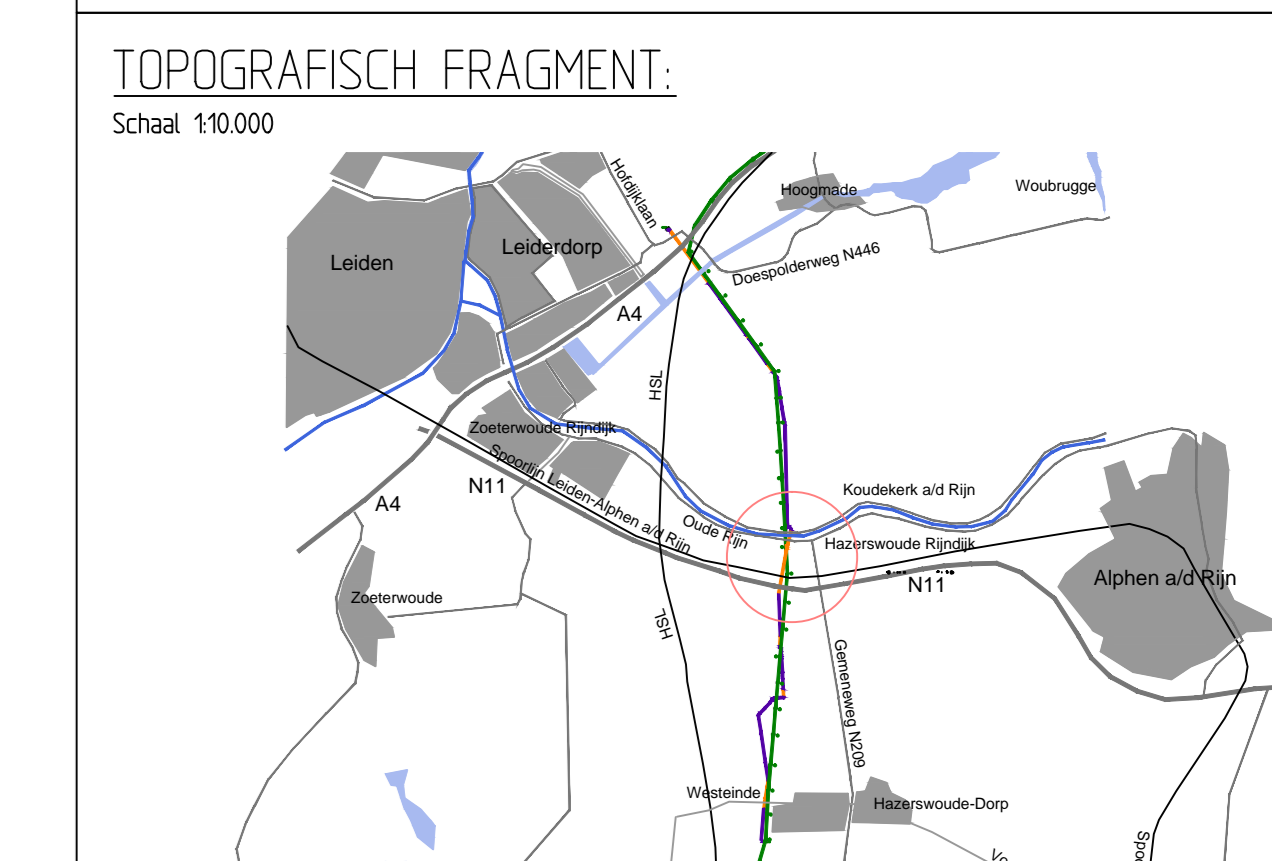


DOORSNEDEN A-A  
SCHAL 1:50



SONDERING DKMP1104

Instaant	X	Y
Intrudeepunt	99443.893	459581.171
Th1	99476.901	459625.205
Th2	99476.973	459625.175
Th3	99476.647	459633.965
Th4	99589.839	449274.523
Th5	99602.866	449292.246
Tv1	45938.256	449383.773
Tv2	99627.348	448455.021



**OPMERKINGEN**

- HDI langer wie intrudeepunt in beschermingszone
- Opgevoerde waterleiding: Spanning laag
- Boringen aangepast ten 5m afstand tussen HDI en Masturbare 5k

**BLADVERWIJZING**  
001

Coördinatie kennis en ervaring  
  
 Multi-disciplinair team

P. de Jager A. Hoopman  
 Coördinator Uitvoerder

Definitief Ontwerp  
 Kabelroute ondergrond  
 HDI-TVDS - Locatie Jaagpad / Rijfijk / Sparhoek

01 De aanpak 06-20-2019 M. Kramer  
 02 De aanpak 05-20-2019 M. Kramer  
 03 De aanpak 03-20-2019 M. Kramer  
 04 De aanpak 02-20-2019 M. Kramer

Uitvoering  
 01 De aanpak 02-20-2019 M. Kramer  
 02 De aanpak 01-20-2019 M. Kramer

Randstad 30kV Netleiding  

 R3N-TEK-0077\_w\_001

Bijlage 12  
EMC rapportage





Copyright © Petersburg Consultants B.V., Doorwerth, the Netherlands. All rights reserved.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Petersburg Consultants B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Petersburg Consultants B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.



6.4.5	Object K_0031	25
6.4.6	Object K_0033	26
6.4.7	Object K_0035	27
6.4.8	Object K_0039	27
6.4.9	Object K_0045	28
6.4.10	Object K_0051	28
6.4.11	Object K_0054	29
6.4.12	Object K_0062	30
6.5	Signaalkabel	31
6.6	Laagspanningskabels	32
7	MATRIXBORDEN EN VRACHTAUTO'S	33
7.1	Matrixborden	33
7.2	Vrachtauto's	35
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	36
	BRONVERMELDING	37

Bijlage A:	Stromen
Bijlage B:	Klokgetallen configuratie
Bijlage C:	Mastbeelden en kabelbed
Bijlage D:	Bodemweerstand
Bijlage E:	Beïnvloedingsgebieden
Bijlage F:	Geleiderails
Bijlage G:	Signaalkabels
Bijlage H:	Laagspanningskabels
Bijlage I:	Capacitieve beïnvloeding van vrachtauto's

**Revisie overzicht**

<b>Datum</b>	<b>Nummer</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Auteur</b>
11-02-2014	0.1	Concept	A. Mobder
12-02-2014	0.2	Mastnummering is aangepast, TenneT opgave 12 februari 2014	A. Mobder
13-02-2014	1.0	Email van TenneT, d.d. 13 februari 2014	A. Mobder

## 1 INLEIDING

TenneT is voornemens een nieuwe 380kV hoogspanningsverbinding te realiseren van station Beverwijk via station Vijfhuizen naar station Bleiswijk. Voor het tracé wordt gebruik gemaakt van Wintrack hoogspanningsmasten. Diverse nabijgelegen 150 kV hoogspanningsverbindingen worden gecombineerd met de nieuwe 380kV verbinding. Delen van deze bestaande verbindingen worden in de toekomst geamoveerd. Deze aanpassingen vormen samen het project Randstad 380kV Noordring.

In het gedeelte Beverwijk-Vijfhuizen, tussen mast 1 en mast 5, wordt de verbinding bovengronds gerealiseerd. Tussen mast 5 en 6 is het kabeltracé ondergronds, waarna de verbinding verder bovengronds loopt tot en met station Vijfhuizen. Van station Vijfhuizen tot mast 213 van het tracédeel Vijfhuizen-Bleiswijk ligt de kabel ondergronds. De lijn vervolgt bovengronds in zuidwestelijke richting in combinatie met een 150kV hoogspanningsverbinding. Tussen masten 200 en 199 ligt de kabel weer onder de grond en tussen mast 199 en 181 is de lijn opnieuw gecombineerd met een 150kV hoogspanningsverbinding. Vanaf mast 181 is de 380kV lijn weer solo tot aan mast 154. Tussen mast 154 en 153 ligt de lijn ondergronds. Daarna is de lijn tot mast 123 bovengronds en wordt van mast 123 tot mast 109 gecombineerd met een 150kV hoogspanningsverbinding. Het laatste deel van het tracé, van mast 109 tot mast 101, is de lijn tot slot weer solo en eindigt in station Bleiswijk.

Binnen het projectdeel elektromagnetische compatibiliteit (EMC) wordt de elektromagnetische invloed van de hoogspanningsverbinding onderzocht. De doelstelling hiervan is het in kaart brengen van eventuele overschrijdingen en het onderzoeken van maatregelen waarmee overschrijdingen kunnen worden voorkomen.

Door het realiseren van de nieuwe 380kV verbinding tussen Beverwijk en Bleiswijk en de aanpassingen in het bestaande hoogspanningsnet verandert de situatie met betrekking tot de elektrische beïnvloeding op nabijgelegen objecten. Onder omstandigheden kan door elektrische beïnvloeding onder andere sprake zijn van:

- Overschrijding van toelaatbare aanraakspanningen;
- Beschadiging van objecten;
- Verstoring van de werking van elektronische apparatuur;
- Onacceptabel risico op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen;
- Ontoelaatbare ontladingen bij aanraking capacitief geladen objecten;
- Beperkingen in verband met het overschrijden van grenswaarden voor blootstelling EM-velden.

Rijkswaterstaat is eigenaar/beheerder van verschillende objecten binnen het projectgebied. Dit rapport geeft de resultaten van de berekeningen en toetsingen van elektrische beïnvloeding op objecten van Rijkswaterstaat, in verband met de realisatie van de Randstad 380kV Noordring.

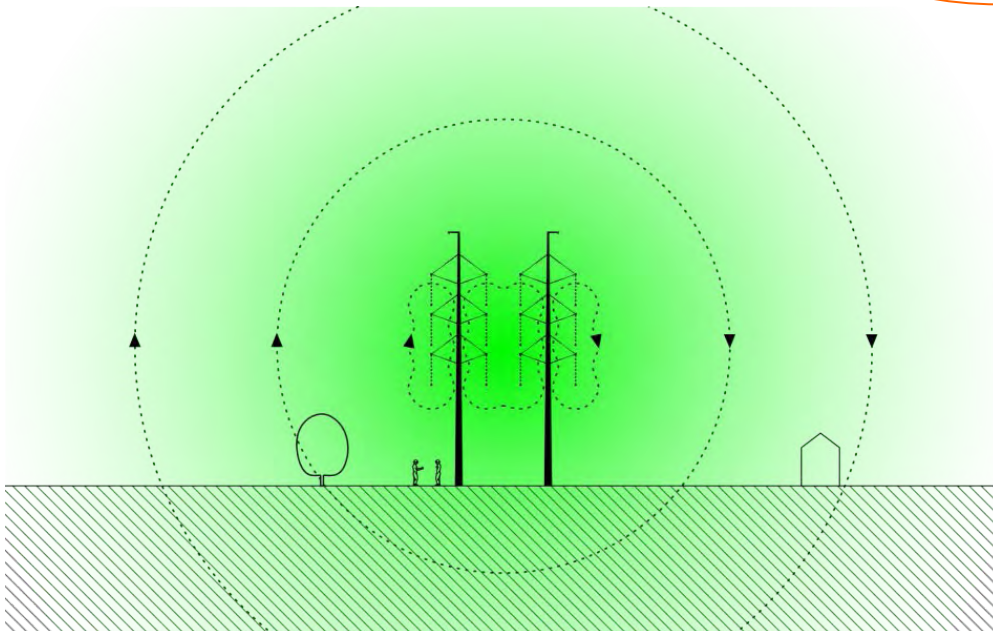
## 2 BEÏNVLOEDINGSMECHANISMEN

In dit hoofdstuk worden de algemene principes van elektrische beïnvloedingen toegelicht. Er zijn vijf mechanismen waarmee in principe rekening moet worden gehouden, te weten magnetische velden, elektrische velden, inductieve beïnvloeding, weerstandsbeïnvloeding en capacitieve beïnvloeding.

### 2.1 Magnetische velden

#### 2.1.1 Het fenomeen

Een elektrische stroom door een hoogspanningslijn veroorzaakt een magneetveld. Dit magneetveld is in afbeelding 1 schematisch weergegeven. Magnetische velden worden niet afgeschermd en de veldsterkte neemt af naarmate de afstand tot de geleiders toeneemt. In de schematische voorstelling in afbeelding 1 is te zien dat het magneetveld ook in de bebouwing en onder de grond aanwezig is.



Afbeelding 1, Schematische voorstelling magnetische velden

#### 2.1.2 De gevolgen

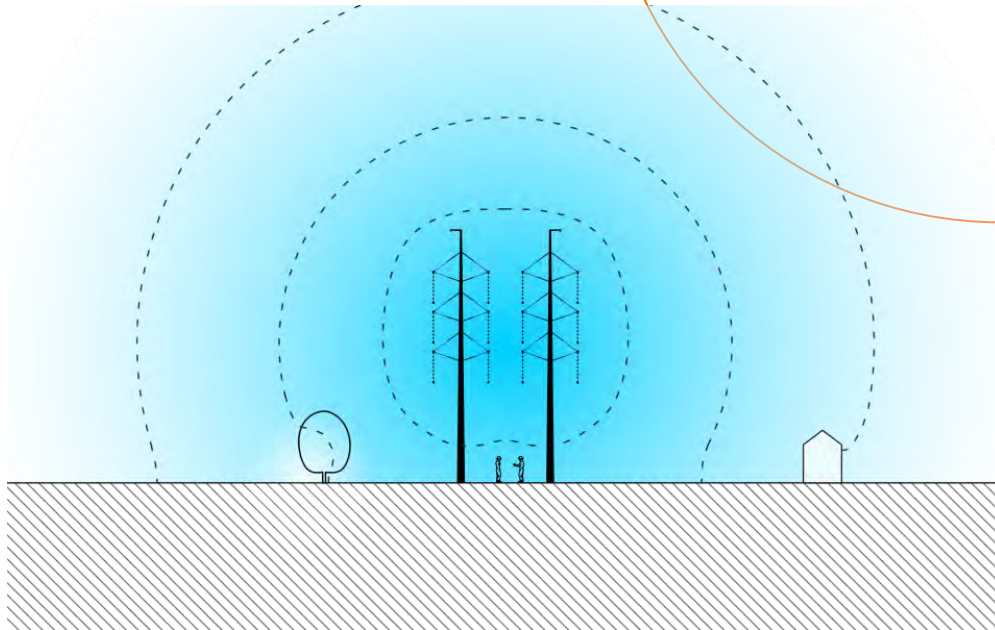
Magnetische velden kunnen mogelijk de werking van elektronische apparatuur verstoren of leiden tot effecten op mensen en dieren. In verband hiermee worden eisen gesteld aan blootstelling van mensen aan magnetische velden en kunnen eisen ten aanzien van magnetische velden nabij elektronische apparatuur worden gesteld.

Daarnaast kunnen door magnetische velden stromen worden geïnduceerd in parallel aan de hoogspanningsverbinding liggende geleidende objecten. Dergelijke verschijnselen worden in de paragraaf “inductieve beïnvloeding” behandeld.

## 2.2 Elektrische velden

### 2.2.1 Het fenomeen

Zodra er een verschil in spanning is tussen de geleiders van een hoogspanningslijn en de omgeving, ontstaat een elektrisch veld. De elektrische veldsterkte neemt af naarmate de afstand tot de geleiders toeneemt. Elektrische velden zijn alleen bovengronds van belang, omdat geleidende materialen elektrische velden afschermen (kooi van Faraday). In de schematische voorstelling in afbeelding 2 is te zien dat de sterkte van het elektrisch veld binnen de bebouwing en onder de grond zeer beperkt is. De velden vervormen door deze objecten.



Afbeelding 2, Schematische voorstelling elektrische velden

### 2.2.2 De gevolgen

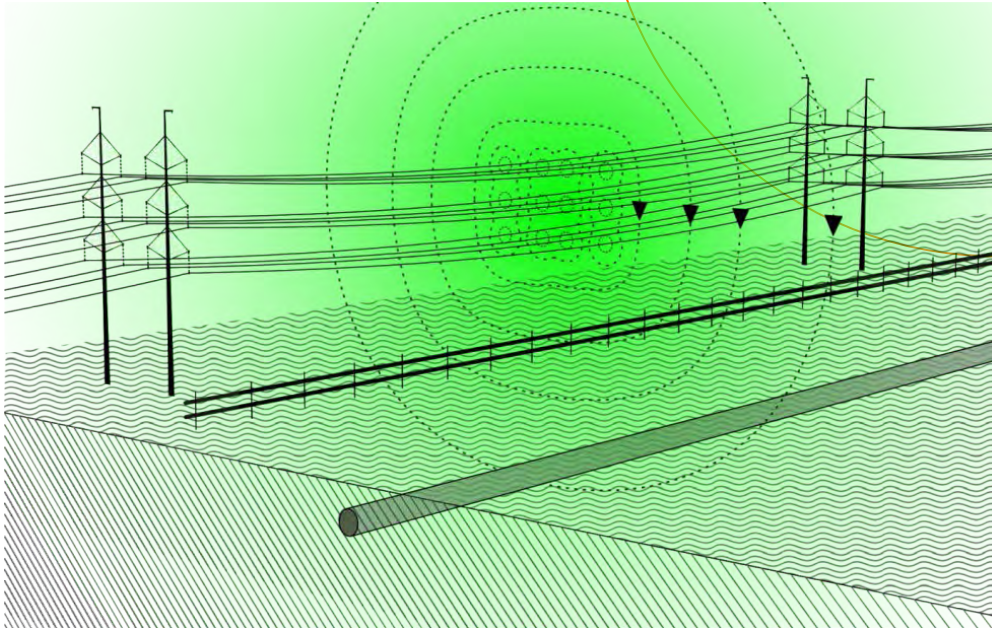
Mensen kunnen zeer sterke elektrische velden voelen. Het gevoel is te vergelijken met een lichte kriebeling en wordt veroorzaakt door een trilling van hoofd- of lichaamshaar. Verder kunnen elektrische velden leiden tot capacitieve oplading van geïsoleerd onder de hoogspanningslijn opgestelde objecten. Het fenomeen capacitieve beïnvloeding wordt in de volgende paragraaf behandeld.



## 2.3 Inductieve beïnvloeding

### 2.3.1 Het fenomeen

Inductieve beïnvloeding ontstaat door de wisselende magnetische velden rondom stroomvoerende geleiders. Deze wisselende magnetische velden induceren een stroom en spanning in lange geleidende objecten parallel aan de hoogspanningslijn. De mate van beïnvloeding is ondermeer afhankelijk van de lengte van de parallelloop en de hart op hart afstand tussen het object en de hoogspanningslijn. In afbeelding 3 is een schematisch voorbeeld van inductieve beïnvloeding gegeven.



Afbeelding 3, Schematische voorstelling inductieve beïnvloeding

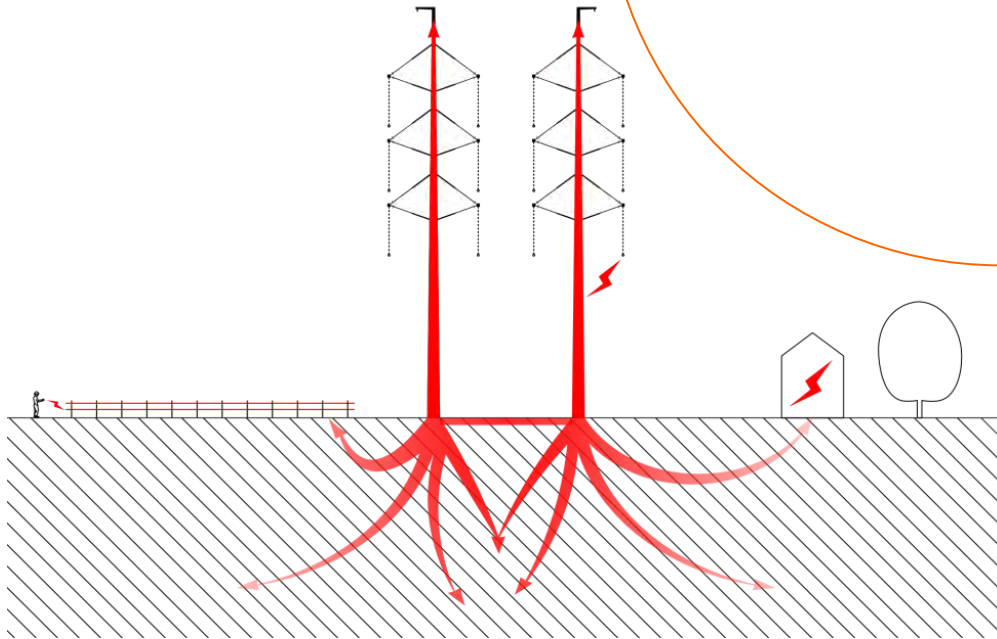
### 2.3.2 De gevolgen

Inductieve beïnvloeding kan leiden tot ontoelaatbare aanraakspanningen op parallel gelegen objecten. Zodra een mens of dier het object aanraakt, zal er door het spanningsverschil tussen het object en de bodem een stroom gaan lopen via het lichaam. Daarnaast kan deze vorm van beïnvloeding, afhankelijk van het object, stoorspanningen en een risico op wisselstroomcorrosie veroorzaken.

## 2.4 Weerstandsbeïnvloeding

### 2.4.1 Het fenomeen

Tijdens een kortsluiting tussen een fase en een mast vloeit een deel van de kortsluitstroom via de bliksemdraden terug naar de invoedende stations. Een ander deel van de stroom zal via de mastaarding en de grond terug naar de stations vloeien. Bij elke mast waar de stroom via de grond terugvloeit, ontstaan potentiaaltrechters. De bodempotentiaal is het grootst bij de fundering en neemt af naarmate de afstand tot de fundering toeneemt.



Afbeelding 4, Schematische weergave weerstandsbeïnvloeding

### 2.4.2 De gevolgen

In afbeelding 4 is het fenomeen weerstandsbeïnvloeding schematisch weergegeven voor een Wintrack hoogspanningsmast met gekoppelde fundering.

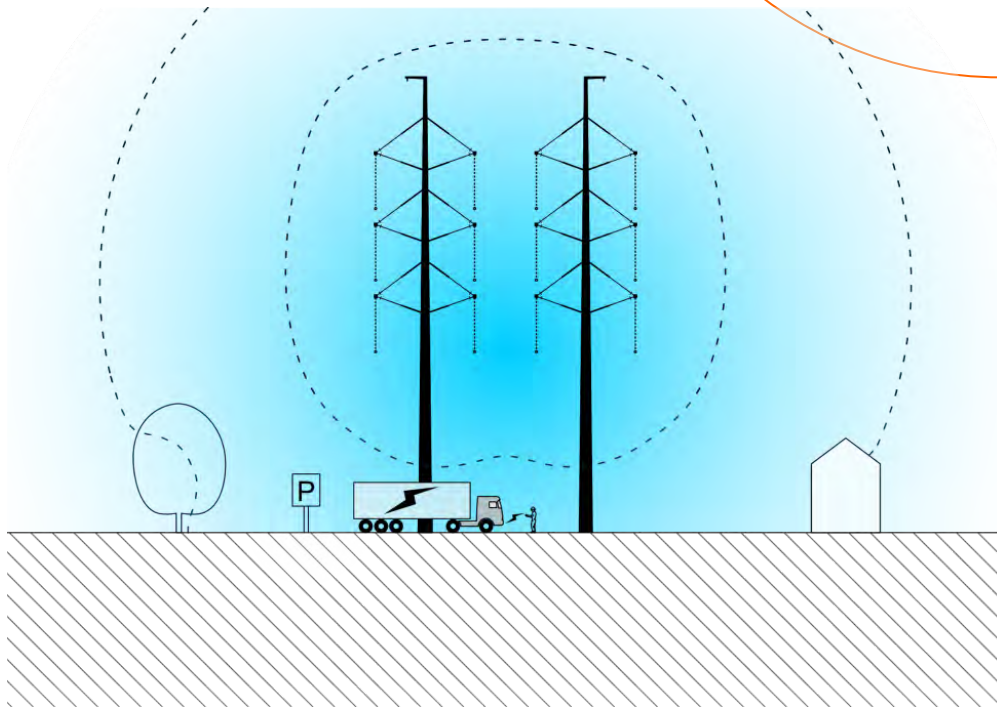
Bij objecten binnen de potentiaaltrechter kunnen door weerstandsbeïnvloeding ontoelaatbare overbruggingsspanningen ontstaan. Via geleidende objecten kunnen spanningen verslept worden naar een locatie met een andere bodemspanning. Daarnaast kan de objectisolatie van bijvoorbeeld buisleidingen of signaalkabels ontoelaatbaar worden belast.

## 2.5 Capacitieve beïnvloeding

### 2.5.1 Het fenomeen

Capacitieve beïnvloeding is een gevolg van het elektrische veld rondom de hoogspanningsverbinding. Vanwege de afschermdende werking van grond speelt dit alleen bij bovengrondse, niet afgeschermd, hoogspanningsinstallaties nabij bovengrondse ongeaarde geleidende objecten. Een schematische voorstelling van het fenomeen capacitieve beïnvloeding is weergegeven in afbeelding 5.

Capacitieve beïnvloeding berust op het principe dat de capaciteit tussen de geleiders van de hoogspanningslijn en het object enerzijds en de capaciteit tussen het object en de aarde anderzijds een spanningsdeler vormen. Hierdoor kan op het object een spanning komen, die afhankelijk is van de verhouding van deze capaciteiten en de bedrijfsspanning van de hoogspanningsverbinding.



Afbeelding 5, Schematische voorstelling van capacitieve beïnvloeding

### 2.5.2 De gevolgen

Zodra een mens of dier het geladen object aanraakt zal deze via het lichaam ontladen. Men voelt lichte schokken. Dit kan als pijnlijk worden ervaren. Het probleem kan worden opgelost door het object te aarden.

### 3 EISEN EN BENODIGDE CONTROLES

#### 3.1 Algemeen

Bij een hoogspanningsverbinding moet rekening worden gehouden met invloeden van de hoogspanningsinfrastructuren op haar omgeving. Enkele invloeden zijn gebonden aan de bedrijfsvoering van de hoogspanningsverbindingen, overige invloeden zijn ingegeven door veiligheid of integriteit van installaties. Indien toelaatbare grenzen worden overschreden moeten er maatregelen worden getroffen.

Maatregelen worden getroffen door de initiatiefnemer. In het geval dat een hoogspanningslijn wordt aangelegd, wordt als onderdeel van de aanleg, de invloed van de hoogspanningslijn op de omgeving onderzocht en worden eventuele benodigde maatregelen getroffen. Andersom moet bij de realisatie van een object (installatie of bouwwerk) nabij een hoogspanningslijn rekening worden gehouden met de effecten van de hoogspanningslijn op het te realiseren object.

In de volgende paragrafen is per onderwerp aangegeven met welke belemmeringen en invloeden rekening gehouden moet worden nabij een hoogspanningsinstallatie.

#### 3.2 Aanraakveiligheid

Een hoogspanningsverbinding kan elektrische stromen en spanningen in vreemde objecten veroorzaken. Onder omstandigheden kunnen dergelijke stromen en spanningen leiden tot gevaarlijke situaties. Daarbij moet worden gedacht aan elektrocutie of schrikreacties.

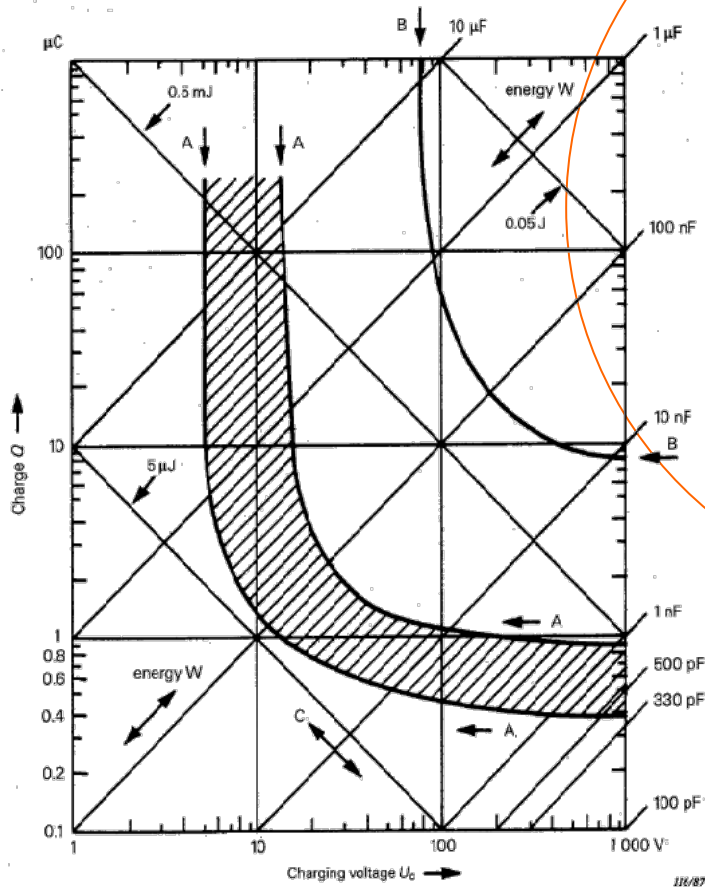
In het geval dat sprake is van overbruggingsspanningen door inductieve beïnvloeding of weerstandsbeïnvloeding, moeten deze voldoen aan de eisen volgens NEN-EN 50341-3-15 [1]. Deze eisen zijn erop gericht het risico van elektrocutie te beperken. Tabel 1 geeft een samenvatting van de toelaatbare overbruggingsspanningen voor tijdsduren langer dan 1 seconde (normaal bedrijf) en 0,1 seconde (kortsluitsituaties).

**Tabel 1, Toelaatbare overbruggingsspanningen volgens NEN-EN 50341**

Afschakeltijd [s]	Maximaal toelaatbare overbruggingsspanning [V]
0,1	1500
$\geq 1$	50

Voor een laagspanningsinstallatie geeft de NEN 1010-4 een maximale toelaatbare overbruggingsspanning van 660 V bij een afschakeltijd van 0,1 sec.

Bij capacatieve beïnvloeding waarbij grote geleidende delen worden “opgeladen”, moet worden voorkomen dat deze oplading kan leiden tot pijnlijke of schrikreacties bij aanraking. Het verschijnsel is goed te vergelijken met de ontlading bij het aanraken van een auto bij droog winterweer. Afhankelijk van het soort object kan een kleine of relatief grote ontlading toelaatbaar zijn. Concreet vereist de norm NEN-EN 50341-3 dat de oplading van geïsoleerde objecten door elektrische velden nabij de hoogspanningslijn beperkt moet zijn tot zone A in IEC 60479-2 [9], zie afbeelding 6.



Afbeelding 6, Criterium voor ontlading volgens IEC 60479-2

### 3.3 Risico's volksgezondheid

Bij langdurig verblijf nabij een hoogspanningslijn is er sprake van een verhoogd risico op leukemie bij kinderen tot 15 jaar. Hoewel er al veel onderzoek naar dit statistische verband is gedaan, is er nog geen oorzakelijk verband gevonden. Onderzoeken suggereren een mogelijk verband tussen het verblijf van kinderen tot 15 jaar in een langdurig gemiddeld "magneetveld" van de hoogspanningslijn groter dan circa  $0,4 \mu\text{T}$ . In Nederland is om deze reden het voorzorgsbeginsel toegepast. Nieuwe "gevoelige" bestemmingen binnen de zogeheten magneetveldzone moeten daarbij zoveel mogelijk worden voorkomen.

Volgens een hypothese [8] zou door een hoogspanningslijn opgeladen fijn stof leiden tot extra decompositie van fijn stof in de longen en op de huid. Deze hypothese is door het National Radiation Protection Board onderzocht en RIVM heeft naar aanleiding hiervan een literatuuronderzoek uitgevoerd. Door deze instituten is ondermeer geconcludeerd: "Voor zover nu bekend beïnvloeden bovengrondse hoogspanningslijnen de schadelijke effecten van fijn stof niet." [6].

### 3.4 Blootstelling aan niet-ioniserende straling

In richtlijn 2004/40EG [10] zijn actiewaarden gedefinieerd betreffende de beperking van de blootstelling aan niet-ioniserende straling. Invoering van deze richtlijn is in Nederland tot op heden steeds uitgesteld, maar verwacht mag worden dat deze richtlijn ook in Nederland van kracht wordt.

De richtlijn geeft actiewaarden (waarden waarboven maatregelen moeten worden getroffen) voor zowel elektrische velden als magnetische velden. Voor 50 Hz (frequentie van de stromen in de hoogspanningslijnen in Nederland) zijn de actiewaarden voor beroepsbevolking:

- Elektrisch veld: 10.000 V/m
- Magnetisch veld (H-veld): 400 A/m
- Magnetische fluxdichtheid (B-veld): 500  $\mu$ T

In principe zijn de genoemde actiewaarden van toepassing op iedere plek waar personen werkzaamheden verrichten. Getoetst moet worden of aan deze waarden wordt voldaan.

De norm NEN-EN 50341-3 adviseert om voor elektrische velden een maximaal toelaatbare waarde (1 m boven maaiveld) van 5.000 V/m en voor de magnetische fluxdichtheid een maximale waarde van 100  $\mu$ T (1 m boven maaiveld) aan te houden.

### 3.5 Functioneren van apparatuur

Magneetvelden en/of verstoring van signalen in aangesloten kabels (zie volgende paragraaf) kunnen de werking van (elektronische) apparatuur aantasten. Voor magneetvelden wordt onderscheid gemaakt tussen apparatuur voor toepassing in industriële omgevingen en apparatuur voor toepassing in huishoudelijke en licht industriële omgevingen. Normen NEN-EN –IEC 61000-6-1 [11] en NEN-EN –IEC 61000-6-2 [12] geven de immuniteit voor deze groepen apparatuur:

1 A/m voor apparatuur voor toepassing in huishoudelijke of licht industriële omgevingen;  
30 A/m voor apparatuur voor toepassing in industriële omgevingen.

Voor een CRT (Cathode Ray Tube) is onder ongunstige omstandigheden de minimaal vereiste immuniteit 1 A/m. Algemeen is de immuniteit voor huishoudelijke en licht industriële toepassingen 3 A/m. Omdat in dit rapport gezocht wordt naar het gebied waarbinnen magneetvelden hoger zijn dan de laagste immuniteit van apparatuur, is van de worst-case immuniteit van 1 A/m uitgegaan.

### 3.6 Verstoring van signalen in signaalkabels

Onder omstandigheden moet rekening worden gehouden met het verstoren van signalen in signaalkabels. Signalen tussen verschillende apparaten kunnen hierdoor vervormen waardoor een installatie mogelijk onjuist functioneert. De mate waarin signalen kunnen vervormen is sterk afhankelijk van het toegepaste type bekabeling en de gevoeligheid van de signalen voor verstoring door voornamelijk 50 Hz signalen.

Voor het beoordelen van stoorspanningen op signaalkabels is de gevoeligheid van het systeem waarvan de kabels deel uitmaken van belang. De optredende signaalverstoring is laagfrequent (voornamelijk 50 Hz en hogere harmonischen). Digitale transmissiekanalen zijn hierdoor vrijwel ongevoelig voor dergelijke verstoringen. Analoge signaaloverdracht kan hiervoor

onder omstandigheden echter veel gevoeliger voor zijn. Bij digitale transmissiekanalen zal dus niet zozeer de stoorspanning van belang zijn, maar de veiligheid van mensen die aan de kabel werken of eventueel de mate waarin de aangesloten apparatuur bestand is tegen (kortstondige) stoorspanningen. Normaliter is de apparatuur minder kwetsbaar dan mensen, zodat hier rekening moet worden gehouden met de in tabel 1 gegeven spanningen als maximaal toelaatbare common mode spanning op de kabel.

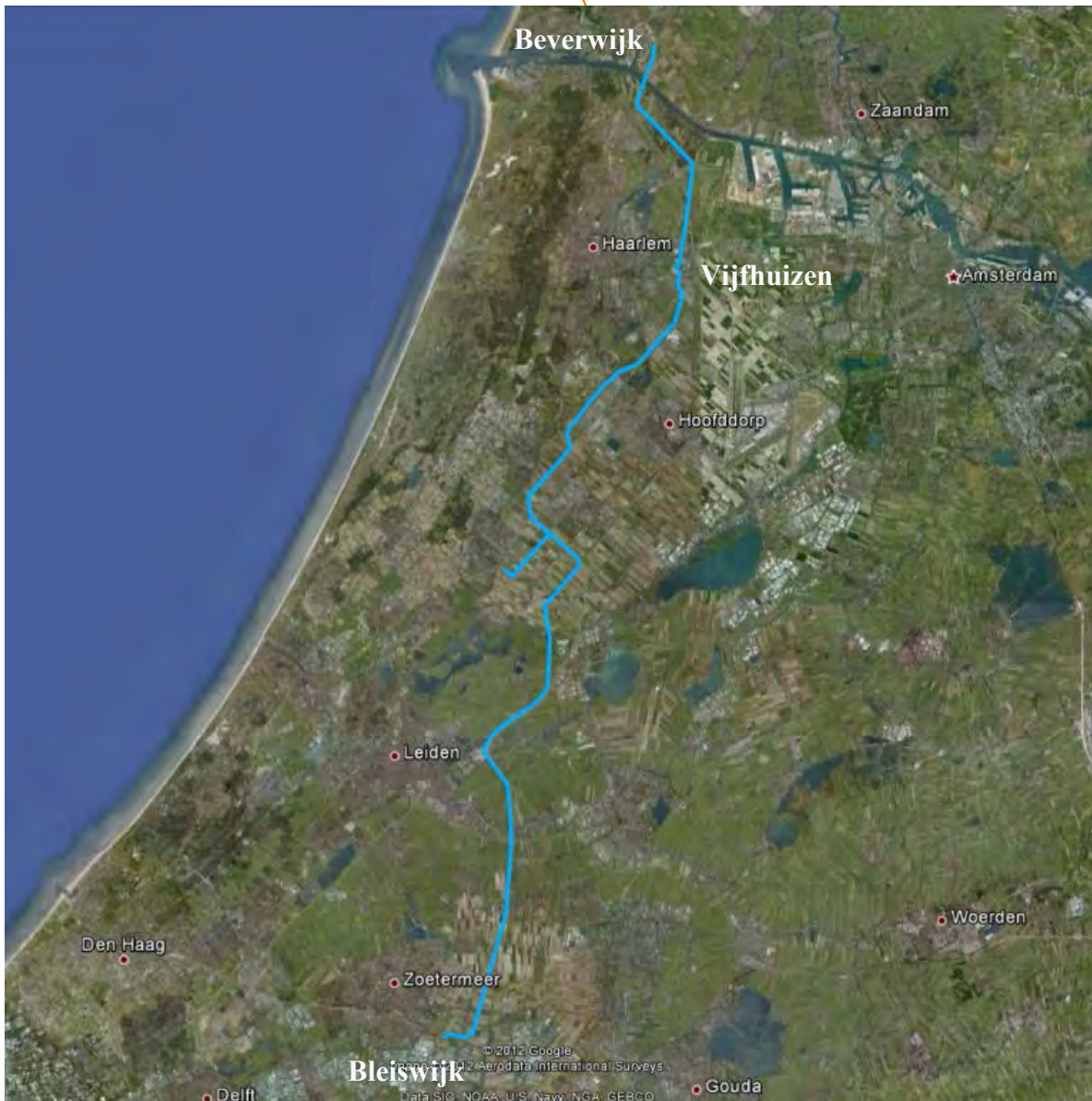
Analoge systemen kunnen echter in sommige gevallen gevoelig zijn voor laagfrequente stoorspanningen. Voor dergelijke systemen is de optredende stoorspanning voor wat betreft het al dan niet moeten nemen van maatregelen maatgevend. Hier moet dus de optredende differential mode spanning (spanning tussen de twee aders van een aderpaar) worden bepaald en vergeleken met de toelaatbare spanning. De gehanteerde toelaatbare stoorspanning voor een systeem dat zeer gevoelig is voor 50 Hz verstoringen, bedraagt in analogie aan ProRail RLN000134 [13] 9,3 mV voor 50 Hz differential mode spanningen.

Voor overige systemen en kortsluitsituaties wordt uitgegaan van de maximale overbruggingsspanningen volgens NEN1010 [14] (50 V > 1 seconde en 685 V gedurende maximaal 0,1 seconde en 1200 V over isolatie).

## 4 UITGANGSPUNTEN

### 4.1 Gebied en tracés

In afbeelding 7 is het voorgenomen tracé van de Randstad 380kV Noordring (R-380kV Noordring) weergegeven. Deze gegevens zijn conform de opgave van TenneT [15]. De 380kV verbinding wordt gerealiseerd tussen de hoogspanningsstations Beverwijk, Vijfhuizen en Bleiswijk. Daarnaast worden diverse bestaande verbindingen gecombineerd met de nieuwe verbinding. Door de bestaande verbindingen met de nieuwe verbinding te combineren kunnen delen van deze bestaande verbindingen worden geamoveerd.



Afbeelding 7, Overzicht tracé Randstad 380 kV Noordring





## 5 BEINVLOEDINGSGEBIEDEN

Om de relevante installaties te kunnen inventariseren, zijn de afstanden vastgelegd waarbinnen mogelijk sprake kan zijn van ontoelaatbare beïnvloeding. Hiervoor is in eerste aanzet gebruik gemaakt van generieke gegevens voor de hoogspanningslijn. De generieke zones waarbinnen met de diverse vormen van elektrische beïnvloeding rekening moet worden gehouden, zijn opgenomen in bijlage E.

### 5.1 Weerstandsbeïnvloeding

Voor een eerste beoordeling van de risico's op weerstandsbeïnvloeding zijn per mast de te verwachten potentiaaltrechters berekend. Uit de berekende potentiaaltrechters zijn de equipotentiaallijnen voor 1500V, 1200V, 750V en 660V bepaald. Afhankelijk van het soort object kan binnen één of meer van deze equipotentiaallijnen sprake zijn van ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding. Voor de inventarisatie is gebruik gemaakt van het ruimste gebied, omsloten door de equipotentiaallijn van 660 V. De maximale berekende beïnvloedingsgebieden voor weerstandsbeïnvloeding rondom de masten, zijn in tabel 1 en tabel 2 in bijlage E opgenomen.

### 5.2 Capacitieve beïnvloeding en elektrische veld

Alleen bij bovengrondse objecten of bij bestemmingen waar mag worden verwacht dat zich mensen op enige hoogte boven maaiveld onder de hoogspanningslijn kunnen ophouden (bijvoorbeeld bij het uitvoeren van werkzaamheden), zijn de optredende capacitieve beïnvloeding en de elektrische velden van belang.

Voor elektrische velden wordt uitgegaan van limieten voor blootstelling aan mensen. Voor het ontwerp van de hoogspanningslijn geldt de eis, dat de maximale elektrische veldsterkte op 1 m boven het maaiveld altijd kleiner is dan 5 kV/m. Deze veldsterkte moet worden berekend voor de hoogste systeemspanning (nominale spanning + 10%). Alleen in de directe nabijheid van de hoogspanningslijn kunnen elektrische velden mogelijk maatgevend zijn.

Bij de eerste toetsing wordt ervan uitgegaan dat elektrische velden alleen onder specifieke omstandigheden onder de hoogspanningslijn tot ontoelaatbare situaties kunnen leiden. Dit geldt voor objecten met een (aanmerkelijk) grotere hoogte dan 1 m boven het maaiveld, waar mensen zich in het geval van werkzaamheden in de nabijheid van de hoogspanningslijn kunnen bevinden of waarbij mensen op het object kunnen verblijven.

Veel objecten hebben een dusdanig geringe hoogte dat zij zich niet in het gebied bevinden waarbinnen elektrische velden direct ontoelaatbaar zijn. Ondergrondse objecten zijn per definitie veilig.

Capacitieve beïnvloeding kan alleen bij bovengrondse ongeaarde geleidende objecten in de directe nabijheid van de hoogspanningslijn ontoelaatbaar zijn. De objecten moeten dan bovendien een voldoende groot oppervlak hebben.

De maximale berekende beïnvloedingsgebieden voor capacitieve beïnvloedingen en elektrische velden zijn in tabel 3 in bijlage E opgenomen.

### 5.3 Inductieve beïnvloedingen

Inductieve beïnvloeding van geleidende objecten parallel aan de hoogspanningsverbinding kan alleen optreden binnen een bepaalde beïnvloedingszone. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie uitgegaan van de grootste afstand waarbij een onbekend object mogelijk ontoelaatbaar beïnvloed zou kunnen worden door de nieuwe verbinding. De breedte van deze zone is onder andere afhankelijk van de kenmerken van de hoogspanningsverbinding en de lokale bodemweerstand. In tabel 4 van bijlage E zijn de maximale berekende beïnvloedingsgebieden per configuratie aangegeven.

### 5.4 Magnetische velden

Een elektrische stroom door een hoogspanningslijn veroorzaakt een magneetveld. Magnetische velden kunnen mogelijk de werking van elektronische apparatuur verstoren of leiden tot effecten op mensen en dieren. In verband hiermee worden eisen gesteld aan blootstelling van mensen aan magnetische velden. Ook kunnen eisen worden gesteld ten aanzien van magnetische velden nabij elektronische apparatuur. Bij alle objecten waar mogelijk (elektronische) apparatuur aanwezig is moet rekening worden gehouden met magnetische velden. Apparatuur kan bijvoorbeeld op grote hoogte in of op een gebouw zijn opgesteld. Eisen aan magnetische velden nabij elektronische apparatuur worden afgeleid uit de immuniteit (gevoeligheid) van deze apparatuur voor magnetische velden.

De afstanden uit het hart van het tracé van de R-380kV Noordring waarbinnen magnetische velden grenswaarden kunnen overschrijden, worden voor drie grenswaarden berekend op een hoogte van 10 m boven het maaiveld, uitgaande van de minst gunstige bedrijfsvoering in de hoogspanningsverbinding. Om de zonebreedtes te bepalen is uitgegaan van de volgende grenswaarden:

- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 1A/m;
- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 3A/m;
- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 30A/m.

De maximale berekende afstanden voor deze grenswaarden zijn in tabel 5 van bijlage E opgenomen.

## 6 BESCHOUWINGEN

### 6.1 Rijkswaterstaat objecten uit fase 1

In dit onderzoek wordt rekening gehouden met de door TenneT [15] en de door Rijkswaterstaat verstrekte gegevens [16]. Alleen objecten binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring kunnen beïnvloed worden. Deze objecten zijn in kaart gebracht en op hoofdlijnen getoetst in fase 1 van dit project. De resultaten zijn opgenomen in het rapport "Inventarisatie van objecten en eerste beoordeling elektromagnetische beïnvloeding, Randstad 380kV Noordring" van Petersburg [17].

Uit de inventarisatie en de eerste toetsing in fase 1 is gebleken dat Rijkswaterstaat beheerder/eigenaar van verschillende objecten in het projectgebied is en dat ontoelaatbare beïnvloeding voor deze objecten nog niet kan worden uitgesloten. Tabel 3 geeft een overzicht van deze objecten. In de volgende paragrafen worden de objecten nader beschouwd en getoetst op mogelijke ontoelaatbare beïnvloedingen.

**Tabel 3, Objecten met mogelijke ontoelaatbare beïnvloedingen**

Inventarisatie nr.	Object ID	omschrijving	Relevante vorm van beïnvloeding
270	RVR_rwsalkmaar_DT2_001	buisleiding	Inductief
274	RVR_rwsamsterdam_DT10_001	buisleiding	Inductief
276	RVR_rwswaternh_DT2_001	buisleiding	Inductief
15	G_0015	geleiderails	Inductief
57	G_0058	geleiderails	Inductief
58	G_0059	geleiderails	Inductief
77	G_0078	geleiderails	Inductief
96	G_0097	geleiderails	Inductief
98	G_0099	geleiderails	Inductief
101	G_0102	geleiderails	Inductief
104	G_0105	geleiderails	Inductief
105	G_0106	geleiderails	Inductief
150	G_VERLICHTINGSKABEL_0001	draagkabel	Inductief
10	K_0010	kunstwerk	M-veld
11	K_0011	kunstwerk	M-veld
12	K_0012	kunstwerk	M-veld
13	K_0013	kunstwerk	M-veld
23	K_0023	kunstwerk	M-veld
31	K_0031	kunstwerk	M-veld, E-veld en capacitief
33	K_0033	kunstwerk	M-veld
35	K_0035	kunstwerk	M-veld
39	K_0039	kunstwerk	M-veld, E-veld en capacitief
45	K_0045	kunstwerk	Inductief
51	K_0051	kunstwerk	M-veld
54	K_0054	kunstwerk	M-veld, E-veld en capacitief
62	K_0062	kunstwerk	Inductief
298	Data_RWS_001_DT1	data kabel	Inductief
308	Data_rswweghaaglanden_DT11_001	data kabel	Inductief
309	Data_rswweghaaglanden_DT12_001	data kabel	Inductief
310	Data_rswweghaaglanden_DT12_002	data kabel	Inductief
319	Data_rswweghaaglanden_DT14_001	data kabel	Inductief
320	Data_rswweghaaglanden_DT14_002	data kabel	Inductief
444	overig_rwsalkmaar_DT2_001	overige	Inductief
456	overig_rwswaternh_DT2_001	overige	Inductief
480	overig_rswweghaaglanden_DT14_001	overige	Inductief
146	LSP_rwsalkmaar_DT3_001	laagspanningskabel	Inductief
157	LSP_rwswaternh_DT2_002	laagspanningskabel	Inductief
158	LSP_rwswaternh_DT3_001	laagspanningskabel	Inductief
162	LSP_rswweghaaglanden_DT11_001	laagspanningskabel	Inductief
163	LSP_rswweghaaglanden_DT12_001	laagspanningskabel	Inductief
164	LSP_rswweghaaglanden_DT12_002	laagspanningskabel	Inductief
171	LSP_rswweghaaglanden_DT14_001	laagspanningskabel	Inductief
172	LSP_rswweghaaglanden_DT14_002	laagspanningskabel	Inductief





#### 6.4.2 Object K\_0012

Object K\_0012 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30A/m kunnen optreden. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord. Object K\_0012 is een viaduct over de N205 van de Zuidtangent richting Expo Haarlemmermeer (zie afbeelding 9). Het viaduct bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen. Bij dit object wordt verwacht dat er geen apparatuur aanwezig is die ontoelaatbaar beïnvloed kan worden door magnetische velden van de hoogspanningslijn.



Afbeelding 9, Object K\_0012

#### 6.4.3 Object K\_0013

Object K\_0013 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30A/m kunnen optreden. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord. Object K\_0013 is een tuibrug bij de kruising van de Drie Merenweg met het Lindepad, zie afbeelding 10. De brug bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen. Bij dit object wordt verwacht dat er geen apparatuur aanwezig is die ontoelaatbaar beïnvloed kan worden door magnetische velden van de hoogspanningslijn.



Afbeelding 10, Object K\_0013

#### 6.4.4 Object K\_0023

Object K\_0023 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30 A/m kunnen optreden. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord.

Object K\_0023 is een onderdoorgang ter hoogte van de Drie Merenweg, die onder de N205 doorloopt (zie afbeelding 11). Deze onderdoorgang bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen.

Bij dit object is elektrische apparatuur aanwezig in de vorm van een pomp en schakelkast. Deze apparatuur is op het maaiveld geplaatst. Algemeen moet voor dergelijke apparatuur rekening worden gehouden met een mogelijke gevoeligheid voor magnetische velden.

Er wordt verwacht dat de elektrische apparatuur bij de onderdoorgang een immuniteit heeft van 30 A/m, conform de NEN-EN 61000-6-2. De maximale berekende magnetische veldsterkte op maaiveld hoogte onder de hoogspanningslijn bedraagt circa 5 A/m. De optredende veldsterkte (5 A/m) is lager dan de te verwachten immuniteit (30 A/m).

Op basis van bovenstaande wordt verwacht dat de werking van de elektrische apparatuur bij de duiker niet wordt verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding.

In de praktijk zijn incidenteel niveaumeters toegepast met een lagere immuniteit voor magnetische velden. Aanbevolen wordt om voor deze situatie nader te controleren of hier dergelijke voor magneetvelden gevoelige niveaumeters zijn toegepast. Indien dit het geval is zou een dergelijke meter uitgewisseld kunnen worden voor een ander type niveaumeter.



Afbeelding 11, Object K\_0023



#### 6.4.5 Object K\_0031

Object K\_0031 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30 A/m kunnen optreden en waar rekening gehouden moet worden met mogelijke capacatieve beïnvloeding. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord en onder omstandigheden moet rekening worden gehouden met ontladingen bij aanraking van het object.

Object K\_0031 is een duiker ten noorden van de Noordelijke Randweg en loopt onder de N205 door (zie afbeelding 12). Deze duiker bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen.

Bij dit object is elektrische apparatuur aanwezig in de vorm van een pomp en schakelkast. Deze apparatuur is op het maaiveld geplaatst. Algemeen moet voor dergelijke apparatuur rekening worden gehouden met een mogelijke gevoeligheid voor magnetische velden.

Er wordt verwacht dat de elektrische apparatuur bij de onderdoorgang een immuniteit heeft van 30 A/m, conform de NEN-EN 61000-6-2. De maximale berekende magnetische veldsterkte op maaiveld hoogte onder de hoogspanningslijn bedraagt circa 6 A/m. De optredende veldsterkte (6 A/m) is lager dan de te verwachten immuniteit (30 A/m).

Op basis van bovenstaande wordt verwacht dat de werking van de elektrische apparatuur bij de duiker niet wordt verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding.

In de praktijk zijn incidenteel niveaumeters toegepast met een lagere immuniteit voor magnetische velden. Aanbevolen wordt om voor deze situatie nader te controleren of hier dergelijke voor magneetvelden gevoelige niveaumeters zijn toegepast. Indien dit het geval is zou een dergelijke meter uitgewisseld kunnen worden voor een ander type niveaumeter.

Duiker K\_0031 ligt binnen het gebied waar met capacatieve beïnvloeding rekening moet worden gehouden. Uit de inventarisatie blijkt dat het object niet ongeaard is opgesteld, waardoor er geen sprake is van ontoelaatbare ontladingen bij aanraking van het object.



**Afbeelding 12, Object K\_0031**

## 6.4.6 Object K\_0033

Object K\_0033 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30 A/m kunnen optreden. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord.

Object K\_0033 is een duiker ten zuiden van de Noordelijke Randweg en loopt onder de N205 door (zie afbeelding 13). Deze duiker bestaat voornamelijk uit beton.

Bij dit object is elektrische apparatuur aanwezig in de vorm van een pomp en schakelkast. Deze apparatuur is op het maaiveld geplaatst. Algemeen moet voor dergelijke apparatuur rekening worden gehouden met een mogelijke gevoeligheid voor magnetische velden.

Er wordt verwacht dat de elektrische apparatuur bij de onderdoorgang een immuniteit heeft van 30 A/m, conform de NEN-EN 61000-6-2. De maximale berekende magnetische veldsterkte op maaiveld hoogte onder de hoogspanningslijn bedraagt circa 3 A/m. De optredende veldsterkte (3 A/m) is lager dan de te verwachten immuniteit (30 A/m).

Op basis van bovenstaande wordt verwacht dat de werking van de elektrische apparatuur bij de duiker niet wordt verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding.

In de praktijk zijn incidenteel niveaumeters toegepast met een lagere immuniteit voor magnetische velden. Aanbevolen wordt om voor deze situatie nader te controleren of hier dergelijke voor magneetvelden gevoelige niveaumeters zijn toegepast. Indien dit het geval is zou een dergelijke meter uitgewisseld kunnen worden voor een ander type niveaumeter.

**Afbeelding 13, Object K\_0033**

#### 6.4.7 Object K\_0035

Object K\_0035 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30A/m kunnen optreden. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord.

Object K\_0035 is een viaduct bij de kruising van de Vennepeweg met de N205 (zie afbeelding 14). Het viaduct bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen. Bij dit object wordt verwacht dat er geen apparatuur aanwezig is die ontoelaatbaar beïnvloed kan worden door magnetische velden van de hoogspanningslijn.



Afbeelding 14, Object K\_0035

#### 6.4.8 Object K\_0039

Object K\_0039 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden tussen 3 en 30A/m kunnen optreden en waar rekening gehouden moet worden met mogelijke capacatieve beïnvloeding. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord en onder omstandigheden moet rekening worden gehouden met ontladingen bij aanraking van het object.

Object K\_0039 is een brug op de N205 vanaf de kruising met de N207 (zie afbeelding 15). Deze brug bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen. Bij dit object wordt verwacht dat er geen apparatuur aanwezig is die ontoelaatbaar beïnvloed kan worden door magnetische velden van de hoogspanningslijn.



Afbeelding 15, Object K\_0039



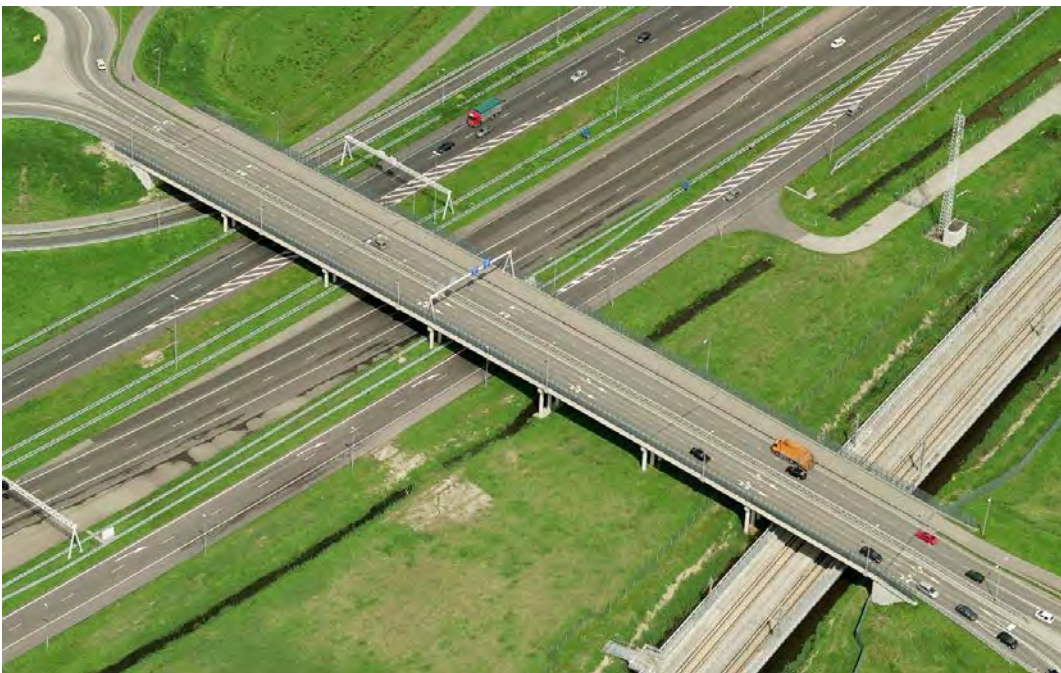
Op basis van bovenstaande wordt verwacht dat de werking van de elektrische apparatuur op de brug niet wordt verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding.



Afbeelding 17, Object K\_0051

#### 6.4.11 Object K\_0054

Object K\_0054 ligt binnen het gebied waar mogelijk magnetische velden groter dan 30A/m kunnen optreden en waar rekening gehouden moet worden met mogelijke capacatieve beïnvloeding. De goede werking van apparatuur voor licht-industriële of huishoudelijke en voor industriële toepassingen kan bij blootstelling aan dergelijke magneetvelden mogelijk worden verstoord en onder omstandigheden moet rekening worden gehouden met ontladingen bij aanraking van het object.



Afbeelding 18, Object K\_0054

Object K\_0054 is een viaduct ter hoogte van de kruising van de N446 met de A4 (zie afbeelding 18). Deze brug bestaat voornamelijk uit beton en heeft stalen relingen. Bij dit object wordt verwacht dat er geen apparatuur aanwezig is die ontoelaatbaar beïnvloed kan worden door magnetische velden van de hoogspanningslijn.

Het viaduct K\_0054 ligt binnen het gebied waar met capacitieve beïnvloeding rekening moet worden gehouden. Uit de inventarisatie blijkt dat het object niet ongeaard is opgesteld, waardoor er geen sprake is van ontoelaatbare ontladingen bij aanraking van het object.

#### 6.4.12 Object K\_0062

Voor object K\_0062 moet op grond van de ligging rekening worden gehouden met inductieve beïnvloeding tijdens een éénfase kortsluiting in de hoogspanningsverbinding. Door inductieve beïnvloeding ontstaan spanningen op lange geleidende objecten parallel aan de hoogspanningsverbinding.

Object K\_0062 is een tunnel waarmee de A9 het Noordzeekanaal kruist (zie afbeelding 19). De tunnel bestaat voornamelijk uit beton en er zijn relingen aanwezig.

De inductieve beïnvloeding op het tunnel is getoetst door de maximaal optredende spanning te berekenen voor een aan één zijde geaarde, goed van de grond geïsoleerde metalen geleider te modelleren. Deze geleider ligt op een afstand van 170 m over een lengte van 750 m parallel aan de hoogspanningsverbinding. De op deze wijze berekende spanning voor de niet-geaarde zijde is de hoogst mogelijke spanning onder worst case omstandigheden.

De op bovenstaande wijze berekende spanning tijdens een éénfase kortsluiting in de hoogspanningsverbinding bedraagt 254V. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen voor aanraakspanningen (1500V).



Afbeelding 19, Object K\_0062

## 6.5 Signaalkabel

Uit de inventarisatie in fase 1 blijkt dat ontoelaatbare beïnvloeding op grond van de ligging parallel aan de hoogspanningsverbinding niet kan worden uitgesloten voor negen signaalkabels en een draagkabel van Rijkswaterstaat. De signaalkabels zijn in tabel 6 en bijlage G opgenomen.

**Tabel 6, Signaalkabels met mogelijke ontoelaatbare beïnvloedingen**

Inventarisatie nr.	Object ID	Relevante vorm van beïnvloeding
298	Data RWS 001 DT1	Inductief
308	Data rswweghaaglanden DT11 001	Inductief
309	Data rswweghaaglanden DT12 001	Inductief
310	Data rswweghaaglanden DT12 002	Inductief
319	Data rswweghaaglanden DT14 001	Inductief
320	Data rswweghaaglanden DT14 002	Inductief
444	overig rwsalkmaar DT2 001	Inductief
456	overig rswaternh DT2 001	Inductief
480	overig rswweghaaglanden DT14 001	Inductief

Uit de verstrekte gegevens door Rijkswaterstaat [16] over de signaalkabel, blijkt dat de maximale lengte (de afstand tussen twee kasten) van een signaalkabel 400m bedraagt. Gezien de opbouw van de signaalkabels, conform de door Rijkswaterstaat verstrekte specificatie, zijn de differential mode beïnvloeding niet aan de orde. Bij het toetsen van de optredende spanningen op signaalkabels wordt gecontroleerd of de optredende common mode spanningen voldoen aan de eisen voor overbruggingsspanningen volgens NEN 1010.

Voor de gedetailleerde berekening van de inductieve beïnvloedingen zijn de signaalkabels specifiek gemodelleerd. De optredende beïnvloedingsspanningen zijn berekend met het programma ATP/EMTP. De maximaal optredende aanraakspanningen tijdens nominale bedrijfsvoering en kortsluiting zijn berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat en aan de eisen conform NEN 1010 [14] getoetst in tabel 7.

**Tabel 7, Maximaal optredende aanraakspanningen**

Belastingssituatie	Maximaal toelaatbare spanning [ V ]	Maximaal optredende spanning [ V ]	Voldoet aan NEN 1010 [J/N]
Nominaal bedrijf	50	1,5	J
Onderhoud in 380kV Beverwijk - Vijfhuizen	50	1,5	J
Onderhoud in 380kV Vijfhuizen - Bleiswijk	50	10	J
Eén fase kortsluiting in 380kV Beverwijk - Vijfhuizen	685	170	J
Eén fase kortsluiting in 380kV Vijfhuizen - Bleiswijk	685	310	J

Uit de resultaten in tabel 7 blijkt dat de aanraakspanningen op de signaalkabels voldoen aan de gestelde eisen conform NEN 1010.

## 6.6 Laagspanningskabels

Uit de inventarisatie in fase 1 blijkt dat ontoelaatbare beïnvloeding op grond van de ligging parallel aan de hoogspanningsverbinding niet kan worden uitgesloten voor acht laagspanningskabels van Rijkswaterstaat. De kabels zijn in tabel 8 opgenomen en de locaties zijn in bijlage H weergegeven.

**Tabel 8 Laagspanningskabels met mogelijke ontoelaatbare beïnvloeding**

Inventarisatie nr.	Object ID	Relevante vorm van beïnvloeding
146	LSP rwsalkmaar DT3 001	Inductief
157	LSP rswaternh DT2 002	Inductief
158	LSP rswaternh DT3 001	Inductief
162	LSP rsweghaaglanden DT11 001	Inductief
163	LSP rsweghaaglanden DT12 001	Inductief
164	LSP rsweghaaglanden DT12 002	Inductief
171	LSP rsweghaaglanden DT14 001	Inductief
172	LSP rsweghaaglanden DT14 002	Inductief

Uit door Rijkswaterstaat verstrekte gegevens [16], blijkt dat de laagspanningskabels van de openbare verlichting in meerdere trajecten gesegmenteerd zijn en op verschillende locaties geaard worden. Voor de gedetailleerde berekening van de inductieve beïnvloedingen zijn de laagspanningskabel specifiek gemodelleerd. De optredende beïnvloedingsspanningen zijn berekend met het programma ATP/EMTP. De maximaal optredende aanraakspanningen tijdens nominale bedrijfsvoering en kortsluiting zijn berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat en aan de eisen conform NEN 1010 [14] getoetst in tabel 9.

**Tabel 9, Maximaal optredende aanraakspanningen**

Belasting situatie	Maximaal toelaatbare spanning [ V ]	Maximaal optredende spanning [ V ]	Voldoet aan NEN 1010 [J/N]
Nominaal bedrijf	50	3	J
Onderhoud in 380kV Beverwijk - Vijfhuizen	50	10	J
Onderhoud in 380kV Vijfhuizen - Bleiswijk	50	3	J
Eén fase kortsluiting in 380kV Beverwijk - Vijfhuizen	685	480	J
Eén fase kortsluiting in 380kV Vijfhuizen - Bleiswijk	685	536	J

Uit de resultaten in tabel 9 blijkt dat de aanraakspanningen op de kabels voldoen aan de gestelde eisen conform NEN 1010.



## 7 MATRIXBORDEN EN VRACHTAUTO'S

### 7.1 Matrixborden

Matrixborden binnen de beïnvloedingszone van 30A/m kunnen ontoelaatbaar beïnvloed worden. In tabel 10 en afbeeldingen 20 en 21 zijn de locaties weergegeven van de matrixborden binnen deze beïnvloedingszone. Er wordt verwacht dat de matrixborden voldoen aan conform de NEN-EN 61000-6-2 (industriële omgeving) en daarmee een immuniteit van tenminste 30 A/m hebben.

De maximale berekende magnetische veldsterkte ter hoogte van de matrixborden onder de hoogspanningslijn is opgenomen in tabel 10.

Tabel 10, Matrixborden binnen 30A/m-zone

ID	Locatie	Coördinaten [X;Y]	Hoogte [m]	Magnetische veldsterkte [A/m]
M_001	A4	98297;464280	6	9
M_002	A9	108561;490690	6	15

De optredende veldsterkte overschrijdt de immuniteit van de matrixborden (30 A/m) niet. De werking van de matrixborden wordt niet verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding.



Afbeelding 20, Matrixborden M\_001



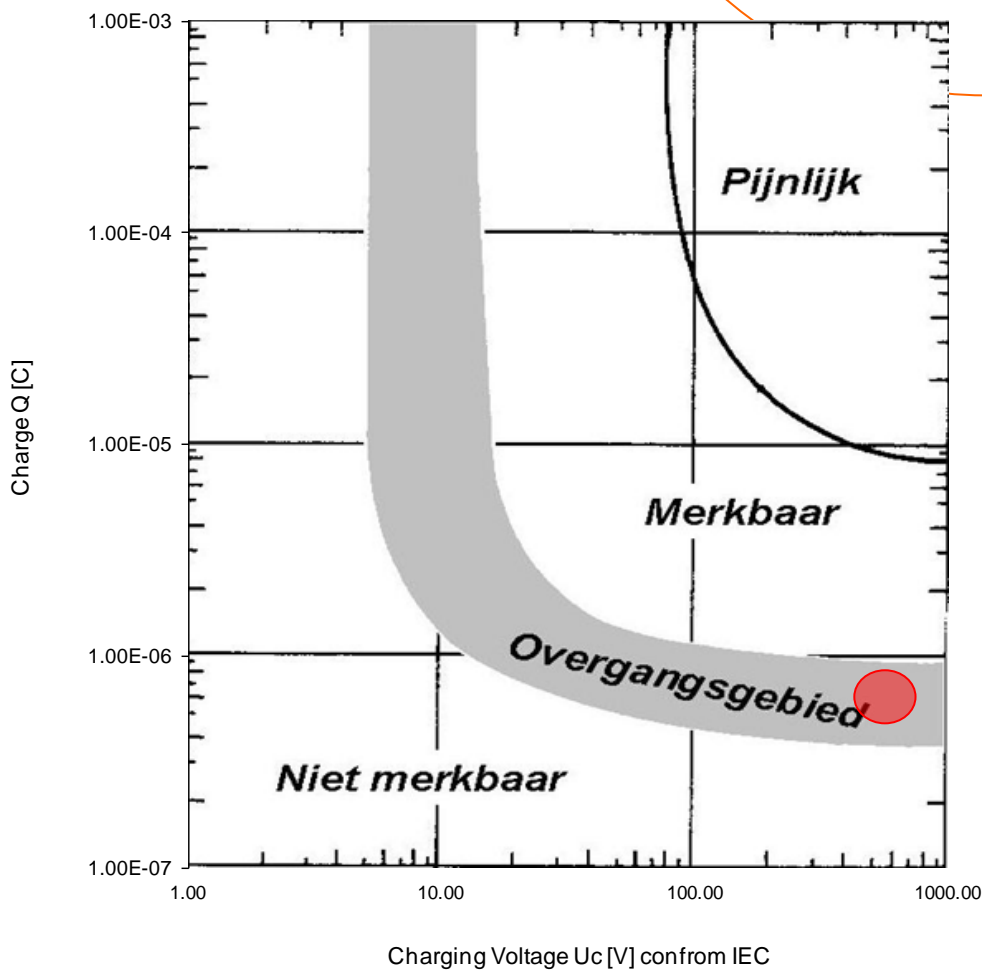
Afbeelding 21, Matrixborden M\_002

## 7.2 Vrachtauto's

Vrachtwagens kenmerken zich doordat zij overwegend zijn opgebouwd uit geleidende materialen en geïsoleerd ten opzichte van de ondergrond zijn opgesteld. De maximale ontlading bij aanraking moet zijn beperkt, volgens de norm NEN-EN 50341-3, tot zone A in afbeelding 6.

De locaties waar de R-380kV Noordring de wegen van Rijkswaterstaat kruist, zijn opgenomen in bijlage I. Voor deze locaties is de capacatieve beïnvloeding berekend. Er wordt uitgegaan van de situatie dat het voertuig, met een oppervlakte van 40m<sup>2</sup> of groter, onder één van de circuits staat en de overige circuits spanningsloos zijn geschakeld.

De maximale berekende ontlading is aangegeven met het rode gebied in afbeelding 22. De optredende capacatieve beïnvloedingen zijn toelaatbaar, conform NEN-EN 50341-3.



Afbeelding 22, Ontlading bij aanraking vrachtauto's

## 8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

TenneT is voornemens een nieuwe 380kV hoogspanningsverbinding te realiseren van station Beverwijk via station Vijfhuizen naar station Bleiswijk. Voor het tracé wordt gebruik gemaakt van Wintrack hoogspanningsmasten. Diverse nabijgelegen hoogspanningsverbindingen worden gecombineerd met de nieuwe 380kV verbinding. Delen van deze bestaande verbindingen worden in de toekomst geamoveerd. Deze aanpassingen vormen samen het project Randstad 380kV Noordring (R-380kV Noordring).

Magnetische en elektrische velden rondom een hoogspanningsverbinding kunnen stromen en spanningen op nabije objecten veroorzaken. Onder omstandigheden kunnen deze stromen en spanningen de toelaatbare grenzen overschrijden. Conform de norm voor bovengrondse hoogspanningslijnen, NEN-EN 50341, moet met deze effecten rekening worden gehouden en moeten er maatregelen worden getroffen, als er sprake is van overschrijding van eisen in verband met elektrische beïnvloeding.

TenneT bouwt de hoogspanningslijn volgens de norm NEN-EN 50341 en heeft Petersburg Consultants opgedragen de elektrische beïnvloeding op objecten van derden nader te onderzoeken en eventuele te treffen maatregelen vast te stellen.

De beïnvloedingsgebieden van de hoogspanningsverbinding waarbinnen mogelijk sprake kan zijn van ontoelaatbare beïnvloeding zijn vastgelegd. Alleen objecten binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring kunnen beïnvloed worden. Deze objecten zijn in kaart gebracht en op hoofdlijnen getoetst in fase 1 van dit project. De resultaten zijn opgenomen in het rapport "Inventarisatie van objecten en eerste beoordeling elektromagnetische beïnvloeding, Randstad 380kV Noordring" van Petersburg [17].

Uit de inventarisatie en de eerste toetsing blijkt dat Rijkswaterstaat beheerder/eigenaar van verschillende objecten in het projectgebied is en dat op grond van de eerste toetsing op basis van de liggingsgegevens, ontoelaatbare beïnvloeding niet kon worden uitgesloten. Om de elektrische beïnvloeding op deze objecten nader te kunnen onderzoeken zijn aanvullende gegevens van deze objecten door Rijkswaterstaat beschikbaar gesteld.

Uit de berekeningen en toetsing van de objecten van Rijkswaterstaat blijkt dat geen van de objecten binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring ontoelaatbaar worden beïnvloed. Voor een drietal objecten wordt wel aanbevolen om nader te controleren of hier voor magneetvelden gevoelige niveaumeters zijn toegepast en indien dit het geval is, deze te vervangen door niveaumeters die een betere immuniteit voor magneetvelden bezitten. Het betreft apparatuur op de volgende locaties:

- Object K\_0023 is een onderdoorgang ter hoogte van de Drie Merenweg, die onder de N205 doorloopt
- Object K\_0031 is een duiker ten noorden van de Noordelijke Randweg en loopt onder de N205 door
- Object K\_0033 is een duiker ten zuiden van de Noordelijke Randweg en loopt onder de N205 door

**BRONVERMELDING**

- [1] NEN-EN 50341-3-15, "Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning", november 2001.
- [2] Hermann W. Dommel e.a.: "Electromagnetic Transients Program – Reference Manual (EMTP Theory Book)", ref. DE-AC79-81BP31364, August 1986.
- [3] Ir. L. Verbeek: "Een methode voor het berekenen van door bovengrondse hoogspanningsverbindingen geïnduceerde spanningen op een stalen pijpleiding", *Electrotechniek* 57 (1979) nr. 11 (november) p. 769 t/m 776.
- [4] Cigré Working Group 36.02: "Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines", 1995.
- [5] Technical specification, NPR CEN/TS 15280 "Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines- Application to cathodically protected pipelines", 2005.
- [6] G. Kelfkens en MJM Pruppers: "Hoogspanningslijnen en fijn stof - Een literatuuronderzoek, referentie RIVM Rapport 610790001/2007, 2007.
- [7] Nibra: "Woningen binnen de gevarenzone van hoogspanningslijnen: blusrisico's – Eindrapport", Projectnummer: 431N5005, Datum: 27 juni 2005)
- [8] Diverse publicaties van o.a. A.P. Fews en D.L. Henshaw
- [9] IEC 60479-2, "Effects of current on human beings and livestock, Special aspects", 3e editie mei 2007.
- [10] Richtlijn 2004/40/EG, "De minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden)", 29 april 2004.
- [11] NEN-EN-IEC 61000-6-1:2007 en;fr, "Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-1: Generieke normen - Immuniteit voor huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgevingen"
- [12] NEN-EN-IEC 61000-6-2:2001/IS 01:2006 en;fr, "Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-2: Algemene normen - Immuniteit voor industriële omgevingen"
- [13] Richtlijn 00134 "Beoordeling EMC tussen 25 kV /50 Hz TEV en installaties van derden", documentnummer: RLN00134, versie: 1.0, datum:29-11-2004.
- [14] Nederlandse Norm NEN-1010, "Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties, Beschermingsmaatregelen", 2011
- [15] Gegevens TenneT:
- a. Gegevens hoogspanningsverbindingen: Petersburg rapport: "Utgangspuntendocument EMC Studie Randstad 380kV Noordring", referentie: TE121000-R01 AM, d.d. 8-5-2013.
  - b. Email van dhr. J. Verduijn met informatie over masten omnummeren van VKT 4.0 naar VKT 5.0, d.d. 12-02-2014.
  - c. Email van dhr. R. van der Woude met tracé gegevens VKT 5.0, d.d. 12-02-2014.
- [16] Gegevens Rijkswaterstaat:
- a. Email van dhr. A. A. Schoenmaker met gegevens over objecten van Rijkswaterstaat, d.d. 24-07-2013, 30-09-2013 en 4-11-2013.
  - b. Ontvangen CD's van dhr. A. A. Schoenmaker met gegevens over objecten van Rijkswaterstaat, d.d. 06-11-2013 en 12-11-2013.
  - c. Email van dhr. Peter C. Heemskerk met gegevens over objecten van Rijkswaterstaat, d.d. 20-11-2013.
- [17] Petersburg, rapport "Inventarisatie van objecten en eerste beoordeling elektromagnetische beïnvloeding, Randstad 380kV Noordring" referentie: TE121000-R02 AM versie 1.2; d.d. 1 augustus 2013.

## Bijlage A: Stromen

Tabel: Stroombelastingen

Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)					kortsluitstroom station 2 (kA)				
					kortsluitstroom station 1 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)	
Station 1	Station 2	[kV]	[A]	3-fasig	1-fasig	3-fasig		1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig		1-fasig	3-fasig
Velsen	Vijfhuizen	150	2	850	52.19	30.3	0.07	3.487	1.8	39.41	26.09	0.12	8.926	4.73
Zoetermeer	Leiden	150	3	1155	37.76	22.57	0.06	4.317	2.61	36.1	10.21	0.1	4.84	1.02
Sassenheim	Haarlemmermeer	150	2 <sup>(1)</sup>	800	28.88	18.4	0.14	11.213	7.57	30.01	20.64	0.14	10.568	6.96
Leiden	Sassenheim	150	2	770	36.1	10.21	0.1	4.495	2.95	28.88	18.4	0.14	8.837	5.45
Haarlemmermeer	Vijfhuizen	150	2	925	30.1	20.64	0.14	9.805	6.38	39.41	26.09	0.12	4.303	3.09
Zoetermeer	Alphen a/d Rijn	150	2	1155	37.76	22.57	0.06	1.862	2.27	24.56	18.49	0.08	10.145	6.88

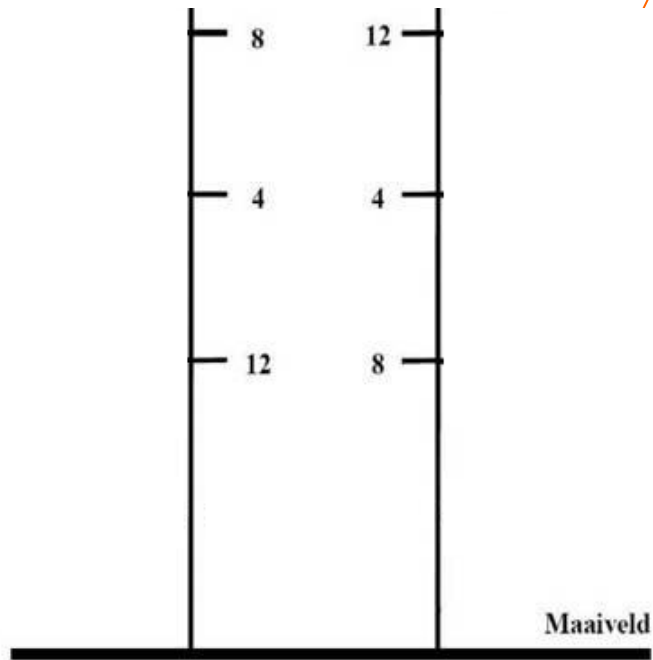
(1) Dit is een samengeslagen verbinding

Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)				kortsluitstroom station 2 (kA)				kortsluitduur (ms)	
					kortsluitstroom station 1 (kA)		bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)			
Station 1	Station 2	[kV]	[A]	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	
Velsen	Waarderpolder	150	1	770	35.2	19.4	0	0	17.15	13.3	17.15	13.3	100	100

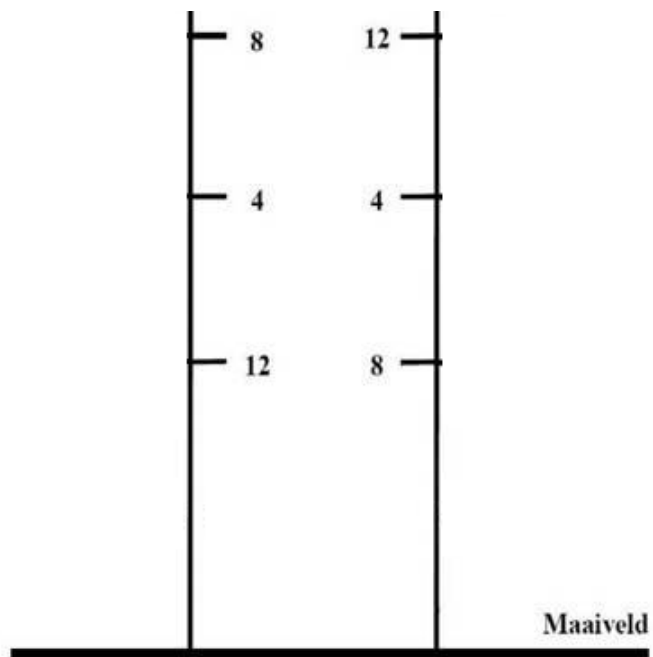
Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)					kortsluitstroom station 2 (kA)				
					kortsluitstroom station 1 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)	
Station 1	Station 2	[kV]	[A]	3-fasig	1-fasig	3-fasig		1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig		1-fasig	3-fasig
Beverwijk	Vijfhuizen	380	2	2900	38.11	50	0.06	7.48	8.73	36.9	50	0.06	9.49	8.97
Vijfhuizen	Bleiswijk	380	2	2900	39.9	50	0.06	8.49	9.04	47.05	49.84	0.05	5.12	5.64

## Bijlage B: Klokgetallen configuratie

TE121000-R23 AM  
13 februari 2014

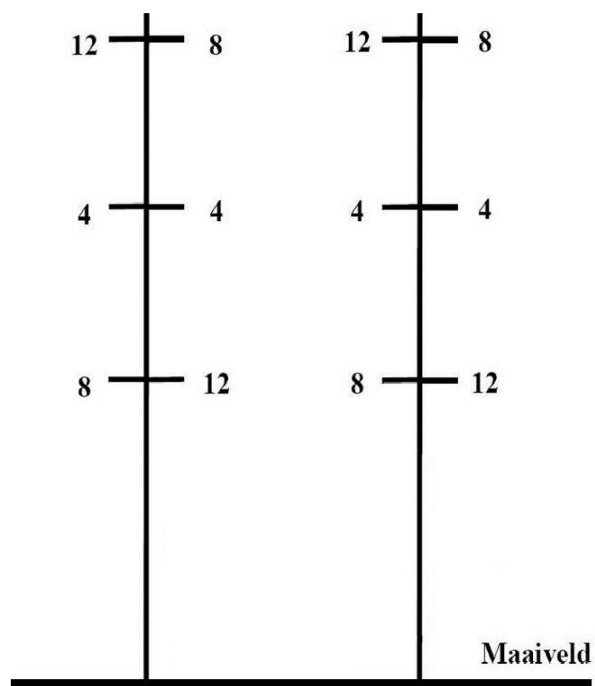


Afbeelding B 1, Klokgetallenconfiguratie 380kV verbinding Beverwijk – Vijfhuizen  
circuitsaanduiding Zwart-Wit



Afbeelding B 2, Klokgetallenconfiguratie 380kV verbinding Vijfhuizen - Bleiswijk  
circuitsaanduiding Paars-Oranje

### Bijlage B: Klokgetallen configuratie



Afbeelding B 3, Klokgetallen configuratie bovengrondse lijn Vijfhuizen – Bleiswijk  
(380kV binnen en 150kV buiten)

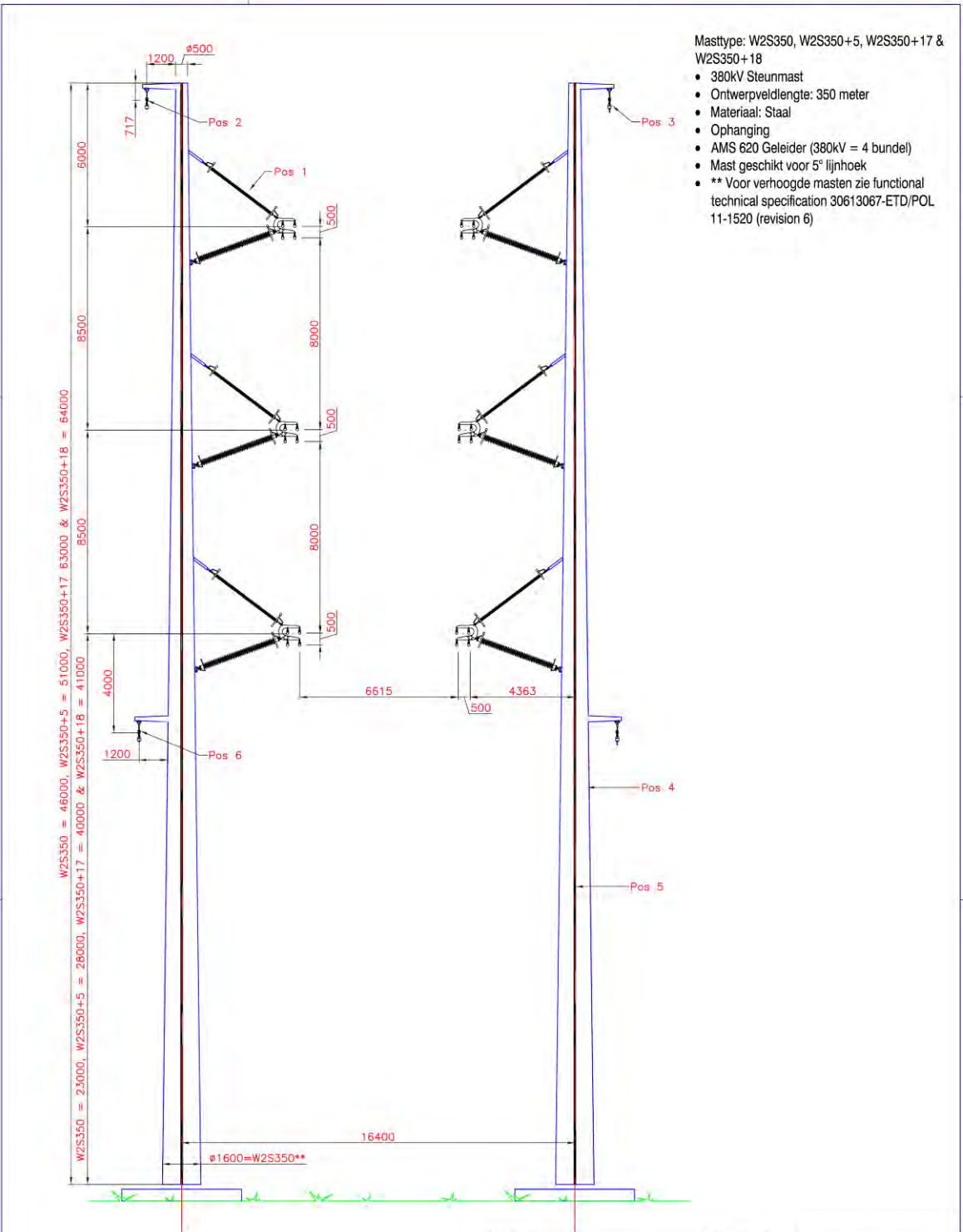
380kV verbinding:	12 - 4 - 8 - 8 - 4 - 12    8 - 4 - 12 - 12 - 4 - 8
150kV verbinding:	12 - 4 - 8    8 - 4 - 12

Afbeelding B 4, Klokgetallen kabelverbindingen



Bijlage C: Mastbeelden en kabelbed

Bijlage C1: 380 kV mastbeeld



- Masttype: W2S350, W2S350+5, W2S350+17 & W2S350+18
- 380kV Steunmast
  - Ontwerpveldlengte: 350 meter
  - Materiaal: Staal
  - Ophanging
  - AMS 620 Geleider (380kV = 4 bundel)
  - Mast geschikt voor 5° lijnhoek
  - \*\* Voor verhoogde masten zie functional technical specification 30613067-ETD/POL 11-1520 (revision 6)

6	Comp geleider	2	R080N-40-23				
5	Klim rail	2	R080N-99-80				
4	Wastlichaam W2S350	2	R080N-99-51				
3	Ophanging C-05V	1	R080N-40-11				
2	Ophanging bijkemdraad	1	R080N-40-10				bijkemdraad
1	Samenstelling Ophanging 380kV	6	R080N-40-8				

A	Verhaal component		26-01-2011	ZM	RD				
WUZ	OMSCHRIJVING		DATUM	DRST.	BEHOUD.	GC.			
	PROJECT DIR: EA\database HS-verbindingen\380-150kV Vrijvelden - Binnwijk\001 Tekeningen\035 Masten		21-12-2011	SGR	APE	RLD			

**KEMA** T&D Consulting

PROJECT: **Wintrock II**  
 Masttype W2S350, W2S350+5, W2S350+17 & W2S350+18  
 380kV steunmast 2 circuit, definitief ontwerp

TEK.NR./GEM: **A2** TEK.NR: **R380N-35-20 W2S350** BLADNR: **A** WUZ: **A**

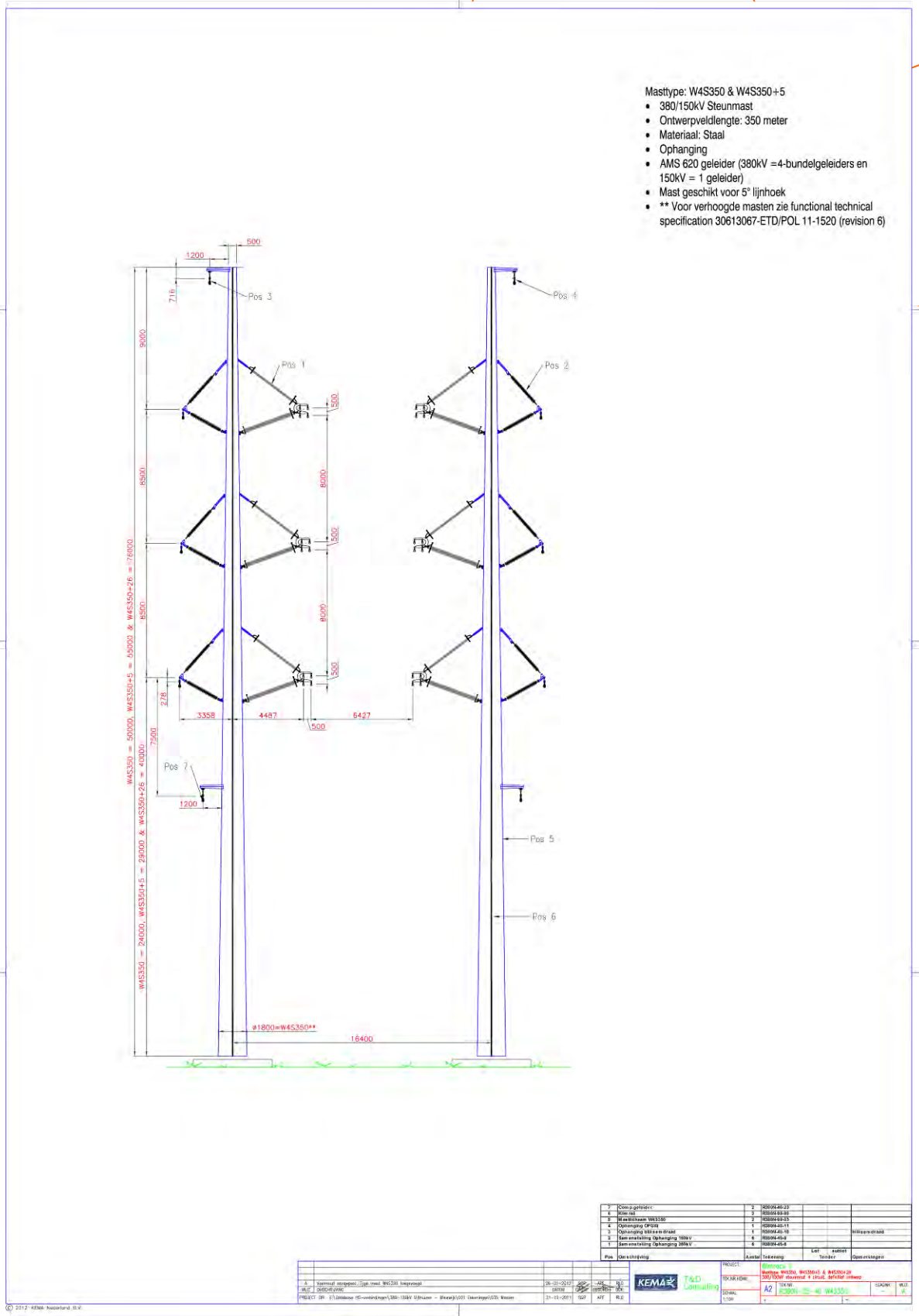
SCHAL: 1:100

© KEMA Industriële BV

# Bijlage C: Mastbeelden en kabelbed

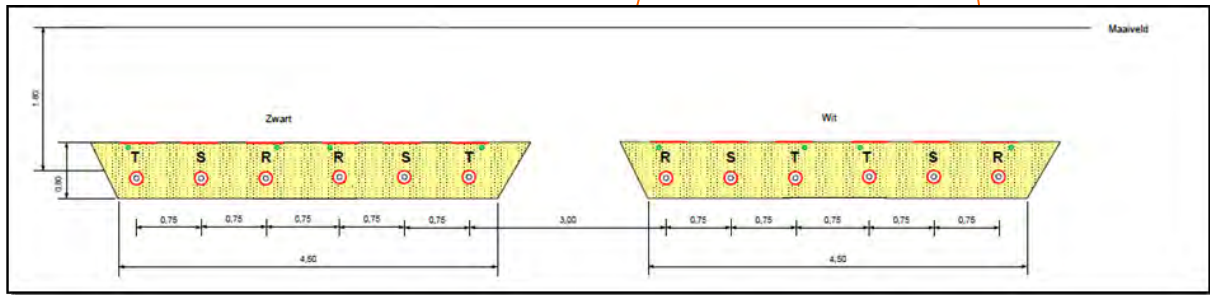
TE121000-R23 AM  
13 februari 2014

## Bijlage C2: 380/150 kV combi mastbeeld

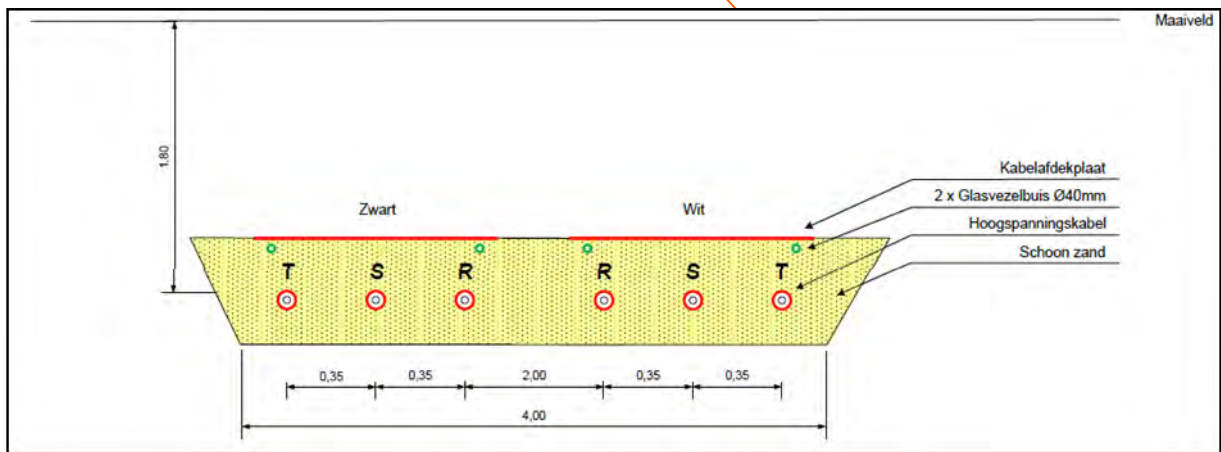


## Bijlage C: Mastbeelden en kabelbed

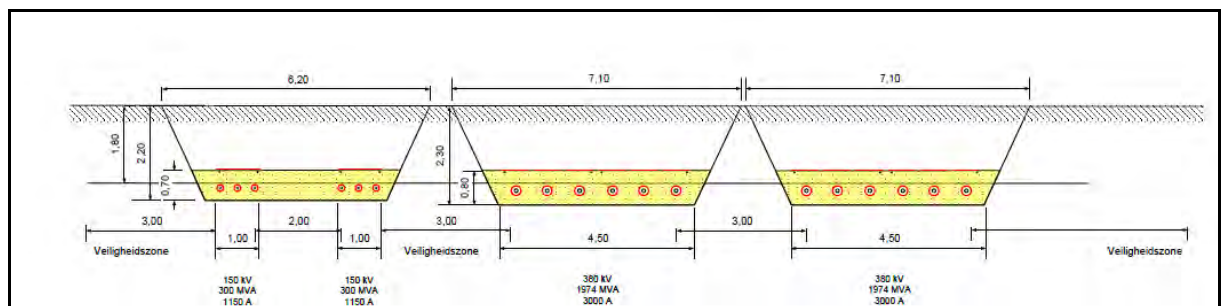
### Bijlage C3: kabelbed/boring



Afbeelding C3-1, 380kV kabelsleuf doorsnede



Afbeelding C3-2, 150kV kabelsleuf doorsnede



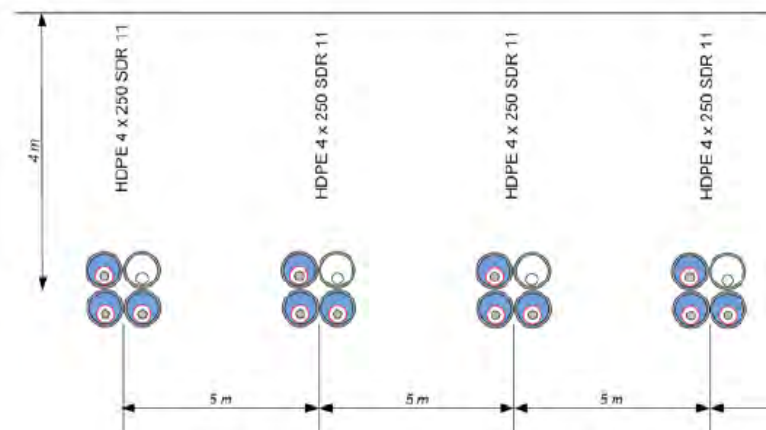
Afbeelding C3-3, Gecombineerde kabelsleuf 150/380kV doorsnede

## Bijlage C: Mastbeelden en kabelbed

### Bijlage C3: kabelbed/boring

#### 380kV-verbindingen:

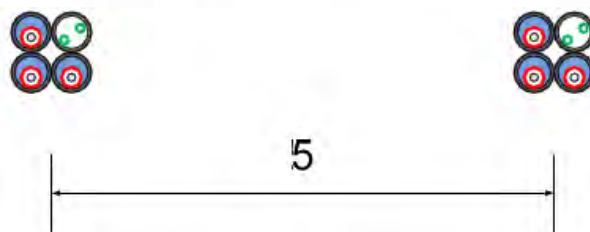
Ligingsdiepte (dek)	: afhankelijk van het te kruisen object
Beschikbare ruimte per boring	: afhankelijk van de situatie
Aantal boringen	: 4 stuks
Aantal buizen HS kabel	: 12 x Ø250mm
Aantal buizen secundaire kabel	: 2 x Ø200mm
Ruimte tussen boringen	: 5m
Veiligheidsafstand	: 5m buiten hartlijn buitenste boringen



Afbeelding C3-4, HDD 380kV verbinding kabeldoorsnede

#### 150kV-verbindingen (standaard):

Ligingsdiepte (dek)	: afhankelijk van het te kruisen object
Beschikbare ruimte per boring	: afhankelijk van de situatie
Aantal boringen	: 2 stuks
Aantal buizen HS kabel	: 6 x Ø200mm
Aantal buizen secundaire kabel	: 2 x Ø200mm
Ruimte tussen boringen	: 5m
Veiligheidsafstand	: 5m buiten hartlijn buitenste boringen



Afbeelding C3-5, HDD 150kV verbinding kabeldoorsnede

**Bijlage D: Bodemweerstand**

De gehanteerde bodemweerstand zijn opgenomen in tabel D1 en D2 van deze bijlage. Deze bodemweerstandwaarden zijn de gemeten bodemweerstand bij het tracé conform de opgave van TenneT [15].

**Tabel D1 : Bodemweerstand bij het traject Beverwijk-Vijhuizen**

Mast	Locatie		Bodemweerstand in [ $\Omega$ m] voor verschillende dieptes									
	X	Y	-0,5m	-1m	-2m	-3m	-4m	-5m	-7m	-10m	-15m	-30m
Mast 1	106948	498499	16	21	22	19	12	9	7	8	5	10
Mast 3	106892	497851	321	274	107	62	22	23	20	23	26	35
Mast 5	106582	497168	186	221	215	167	112	63	24	12	27	24
Mast 7	106139	495975	16	18	20	20	19	17	16	16	16	18
Mast 8	106093	495580	61	30	25	26	28	27	25	24	23	25
Mast 9	106317	495343	18	30	17	19	20	21	22	23	24	28
Mast 10	106556	495089	15	16	13	11	9	9	9	11	14	18
Mast 11	106798	494832	11	8	9	9	9	9	9	11	13	16
Mast 13	107261	494341	27	27	24	25	17	17	17	17	18	14
Mast 14	107501	494087	24	26	25	24	23	23	23	23	23	21
Mast 15	107741	493832	39	30	33	35	36	37	37	38	36	33
Mast 16	107974	493586	69	56	47	49	33	22	14	9	8	11
Mast 17	108217	493327	31	26	28	25	15	9	8	14	10	16
Mast 19	108585	492928	47	28	27	24	14	8	20	12	135	17
Mast 20	108787	492710	39	40	22	11	5	3	3	3	3	4
Mast 21	108751	492431	17	12	7	5	3	3	3	3	3	3
Mast 27	108572	490821	17	13	12	13	14	14	14	11	9	7
Mast 30	108431	489989	28	26	19	16	14	14	14	11	11	10
Mast 33	108312	489129	17	17	20	21	21	23	23	23	20	16
Mast 34	108233	488893	178	179	79	40	25	22	21	18	17	16
Mast 38	107956	487732	11	12	14	15	16	16	15	13	13	8

**Tabel D2 : Bodemweerstand bij het traject Vijhuizen-Bleiswijk**

Mast	Locatie		Bodemweerstand in [ $\Omega$ m] voor verschillende dieptes									
	X	Y	-0,5m	-1m	-2m	-3m	-4m	-5m	-7m	-10m	-15m	-30m
Mast 212	107553	484669	38	41	42	38	36	34	28	18	12	8
Mast 210	107213	484298	16	15	19	18	16	15	13	12	11	7
Mast 209	107033	484102	124	151	156	131	102	71	37	21	8	5
Mast 208	106856	483909	115	119	103	86	66	54	42	30	18	9
Mast 207	106674	483710	50	40	42	45	48	48	45	38	25	10
Mast 206	106476	483495	40	40	40	35	31	28	26	24	21	
Mast 205	106314	483318	72	61	50	43	38	35	31	37	19	
Mast 204	106154	483146	183	160	88	50	34	28	24	20	17	
Mast 203	105931	482939	27	31	37	38	39	38	37	34	28	15
Mast 202	105656	482834	48	52	53	40	37	35	32	26	20	12
Mast 201	105388	482732	42	43	40	40	39	38	35	26	21	14
Mast 200	105134	482635	29	28	26	28	30	31	29	28	23	
Mast 199	102677	479952	31	34	31	29	28	30	32	34	34	33
Mast 198	102499	479704	34	27	26	28	30	31	33	35	37	33
Mast 197	102571	479313	15	18	24	28	30	32	37	41	45	46
Mast 196	102643	478919	27	22	23	22	24	23	22	21	22	
Mast 195	102390	478605	19	19	20	17	15	14	14	16	18	21
Mast 194	102125	478306	22	17	15	13	12	11	12	13	16	20
Mast 193	101904	478057	25	21	16	14	13	13	14	17	21	38
Mast 192	101684	477807	29	26	22	18	16	14	15	17	22	27
Mast 191	101465	477560	17	11	10	11	11	12	14	18	21	25
Mast 190	101237	477305	20	14	9	8	9	10	11	14	19	28

**Bijlage D: Bodemweerstand**

Mast	Locatie		Bodemweerstand in [ $\Omega$ m] voor verschillende dieptes									
	X	Y	-0,5m	-1m	-2m	-3m	-4m	-5m	-7m	-10m	-15m	-30m
Mast 189	100993	477041	21	16	11	10	10	10	12	15	19	28
Mast 188	100756	476784	26	17	11	10	10	11	12	14	18	27
Mast 187	100563	476575	27	20	13	11	11	12	13	14	19	29
Mast 186	100602	476249	16	15	13	11	10	10	11	13	17	24
Mast 185	100641	475916	15	15	13	12	12	12	13	16	20	29
Mast 184	100685	475546	14	13	13	12	12	12	13	16	20	29
Mast 183	100928	475329	16	18	17	17	16	15	16	20	25	32
Mast 182	101218	475071	23	21	16	15	14	14	16	19	24	36
Mast 181	101511	474810	24	24	17	15	14	15	17	20	26	35
Mast 180	101799	474554	16	20	23	24	26	27	30	32	37	40
Mast 179	102097	474289	21	21	22	23	25	26	28	29	31	31
Mast 178	102394	474025	29	27	24	21	18	17	15	15	17	17
Mast 177	102693	473759	31	32	26	21	17	15	14	14	16	17
Mast 176	102990	473495	30	23	21	18	17	14	13	13	14	14
Mast 175	103035	473160	18	22	19	16	13	12	12	13	18	13
Mast 174	102856	472961	25	19	15	12	11	11	11	11	12	11
Mast 173	102654	472736	18	20	15	12	11	11	10	12	13	10
Mast 172	102421	472475	15	15	13	12	11	10	10	11	12	10
Mast 171	102190	472218	15	16	15	12	10	9	9	10	10	7
Mast 170	101963	471965	12	12	9	9	9	9	9	10	11	8
Mast 169	101778	471759	14	11	9	9	9	9	10	11	11	7
Mast 168	101659	471625	56	57	26	14	11	10	9	10	10	
Mast 167	101497	471445	13	13	11	9	8	9	9	9	9	7
Mast 166	101313	471233	18	14	12	9	8	8	8	8	9	7
Mast 165	101365	470870	31	19	9	7	7	7	7	8	9	8
Mast 164	101421	470486	11	9	7	7	7	7	7	8	9	8
Mast 163	101477	470098	10	10	8	7	7	7	7	9	10	13
Mast 162	101513	469854	65	39	22	18	22	16	17	18	19	23
Mast 161	101535	469699	37	24	18	15	16	14	14	14	13	12
Mast 160	101522	469409	21	19	18	16	14	12	11	11	11	9
Mast 159	101509	469112	32	28	26	24	22	20	16	12	10	9
Mast 158	101496	468812	32	46	25	23	23	21	18	14	11	8
Mast 157	101478	468412	18	19	21	21	20	19	17	14	12	9
Mast 156	101461	468028	42	26	11	9	8	8	8	9		
Mast 155	101445	467679	21	10	6	6	6	6	7	8		
Mast 154	101430	467342	37	27	12	9	9	9	10	10	9	7
Mast 153	100100	466000	29	24	12	9	7	7	6	6	6	5
Mast 152	99774	465775	27	19	10	8	7	7	7	6	6	4
Mast 151	99447	465550	18	12	9	7	7	7	6	6	5	4
Mast 150	99125	465330	23	15	11	9	7	6	6	5	5	
Mast 149	98820	465080	37	24	12	8	6	5	5	5	5	4
Mast 148	98576	464788	17	13	13	12	11	11	11	11	10	10
Mast 147	98354	464450	11	11	13	13	13	12	11	9	6	4
Mast 146	98255	464111	30	30	20	12	8	6	5	4	4	5
Mast 145	98470	463815	23	18	9	7	5	4	3	3	3	4
Mast 144	98706	463487	22	19	12	7	5	4	4	4	5	
Mast 143	98939	463165	28	20	13	9	6	6	5	4	5	6
Mast 142	99176	462837	23	21	13	9	6	5	4	5	6	
Mast 141	99408	462516	19	15	13	11	10	9	10	10	10	13
Mast 140	99433	462167	23	19	15	11	8	8	8	9	11	15
Mast 139	99457	461842	29	31	34	36	35	34	31	28	27	30
Mast 138	99482	461468	26	25	31	32	38	38	39	35	33	33
Mast 134	99556	460204	22	16	13	11	10	9	8	8	9	12
Mast 133	99575	459846	26	21	13	9	7	6	6	6	7	10
Mast 132	99542	459473	21	18	17	17	17	17	18	20	21	21
Mast 131	99511	459122	30	22	16	12	10	10	9	10	11	17

**Bijlage D: Bodemweerstand**

Mast	Locatie		Bodemweerstand in [ $\Omega$ m] voor verschillende dieptes									
	X	Y	-0,5m	-1m	-2m	-3m	-4m	-5m	-7m	-10m	-15m	-30m
Mast 130	99479	458754	39	30	19	14	12	11	11	11	12	16
Mast 129	99449	458405	42	33	23	19	16	17	16	16	16	17
Mast 128	99419	458066	23	23	22	20	18	17	16	15	16	14
Mast 127	99388	457720	28	28	26	22	19	17	15	14	13	13
Mast 126	99354	457322	29	24	22	20	17	15	12	12	13	13
Mast 125	99324	456985	44	36	25	21	20	18	17	16	16	16
Mast 124	99306	456661	56	48	25	19	20	17	18	17	17	16
Mast 123	99288	456320	17	23	24	22	21	19	17	17	17	13
Mast 122	99180	455947	27	28	28	26	23	21	17	14	13	9
Mast 121	99083	455611	30	34	31	26	21	17	14	12	11	9
Mast 120	98986	455277	27	29	27	23	20	18	16	14	13	10
Mast 119	98886	454931	21	24	24	22	20	18	15	13	13	12
Mast 118	98775	454550	19	17	16	17	17	17	16	15	16	16
Mast 117	98674	454200	27	28	27	25	23	22	18		17	
Mast 116	98594	453922	20	23	26	25	22	20	18	17	17	17
Mast 115	98522	453676	22	24	26	23	20	18	17	13	14	15
Mast 114	98434	453372	26	31	29	25	23	19	16	14	15	15
Mast 113	98340	453047	26	23	18	15	14	13	12	13	14	15
Mast 112	98229	452663	22	27	27	23	21	19	17	16	17	19
Mast 111	98118	452278	23	28	28	23	21	19	17	17	18	19
Mast 110	98007	451895	25	30	30	29	28	26	22	20		
Mast 109	97896	451512	36	40	36	32	29	27	24	22	23	22
Mast 108	97786	451132	22	27	30	29	29	26	24	22	23	25
Mast 107	97674	450744	28	26	22	21	21	22	21	21	22	23
Mast 106	97571	450390	23	26	27	27	25	26	24	22	22	23
Mast 105	97210	450228	49	67	68	59	50	42	34	29	27	26
Mast 104	96892	450231	21	18	18	15	14	13	10	10		
Mast 103	96672	450299	19	20	21	21	21	19	17	17	17	20
Mast 102	96452	450367	14	15	17	17	17	16	15	14	16	19

## Bijlage E: Beïnvloedingsgebieden

In deze bijlage zijn de beïnvloedingsgebieden van de verschillende vormen van beïnvloedingen van de R-380kV Noordring aangegeven.

### 1. Weerstandsbeïnvloeding

De maximale beïnvloedingsgebied (660V zone) voor weerstandsbeïnvloeding rondom de masten zijn in tabel 1 en tabel 2 opgenomen.

**Tabel 1, Weerstandsbeïnvloeding (660Vzone) voor het traject Beverwijk-Vijfhuizen**

Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]
1	-	14	16	28	9
2	15	15	12	29	14
3	17	16	15	30	15
4	16	17	14	31	15
5	-	18	14	32	14
6	-	19	14	33	9
7	-	20	10	34	8
8	12	21	14	35	8
9	16	22	15	36	13
10	17	23	15	37	14
11	17	24	14	38	10
12	16	26	10		
13	16	27	9		

**Tabel 2, Weerstandsbeïnvloeding (660V zone) voor het traject Vijfhuizen-Bleiswijk**

Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]
213	-	175	-	137	31
212	-	174	-	136	22
211	11	173	-	135	24
210	14	172	-	134	21
209	15	171	-	133	26
208	15	170	-	132	36
207	15	169	-	131	38
206	15	168	-	130	39
205	14	167	-	129	39
204	14	166	-	128	37
203	10	165	11	127	34
202	12	164	12	126	22
201	-	163	-	125	22
200	-	162	-	124	16
199	-	161	-	123	13
198	-	160	-	122	14
197	14	159	-	121	14
196	12	158	11	120	14
195	15	157	12	119	15
194	15	156	-	118	15
193	14	155	-	117	14
192	14	154	-	116	13
191	14	153	-	115	13
190	13	152	-	114	14
189	12	151	12	113	12
188	11	150	13	112	16
187	7	149	7	111	17
186	12	148	6	110	17
185	13	147	-	109	15
184	9	146	-	108	17



**Bijlage E: Beïnvloedingsgebieden**

Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]	Mast	Maximale afstand [m]
183	13	145	12	107	17
182	14	144	14	106	12
181	12	143	16	105	11
180	15	142	19	104	12
179	14	141	24	103	18
178	14	140	32	102	23
177	13	139	35	101	37
176	6	138	35		

**2. Capacitieve beïnvloeding en elektrische veld**

De beïnvloedingsgebieden voor capacitieve beïnvloedingen en elektrische velden zijn in tabel 3 opgenomen.

**Tabel 3, Maximale beïnvloedingsgebied voor capacitieve beïnvloedingen**

Configuratie	Hoogspanningsverbinding deel	Beïnvloedingsgebied [m]
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5) 380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 38) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 181 t/m 154) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 153 t/m 141) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 136 t/m 133) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 126 t/m 123) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 109 t/m 101)	20
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 141 t/m 136) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 133 t/m 126)	20
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel) 150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	0
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 213 t/m 200) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen  380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 199 t/m 181) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer  380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 123 t/m 109) 150kV Zoetermeer-Leiden	20

**Bijlage E: Beïnvloedingsgebieden****3. Inductieve beïnvloedingen**

De maximale berekende beïnvloedingsgebied voor inductieve beïnvloedingen zijn per configuratie opgenomen in tabel 4.

**Tabel 4, Maximale beïnvloedingsgebied voor inductieve beïnvloedingen**

Configuratie	Hoogspanningsverbinding deel	Beïnvloedingsgebied [m]
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5)	676
	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 38)	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 181 t/m 154)	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 153 t/m 141)	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 136 t/m 133)	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 126 t/m 123)	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 109 t/m 101)	
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 141 t/m 136)	621
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 133 t/m 126)	
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel) 150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	484
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 213 t/m 200) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen	594
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 199 t/m 181) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer	
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 123 t/m 109) 150kV Zoetermeer-Leiden	

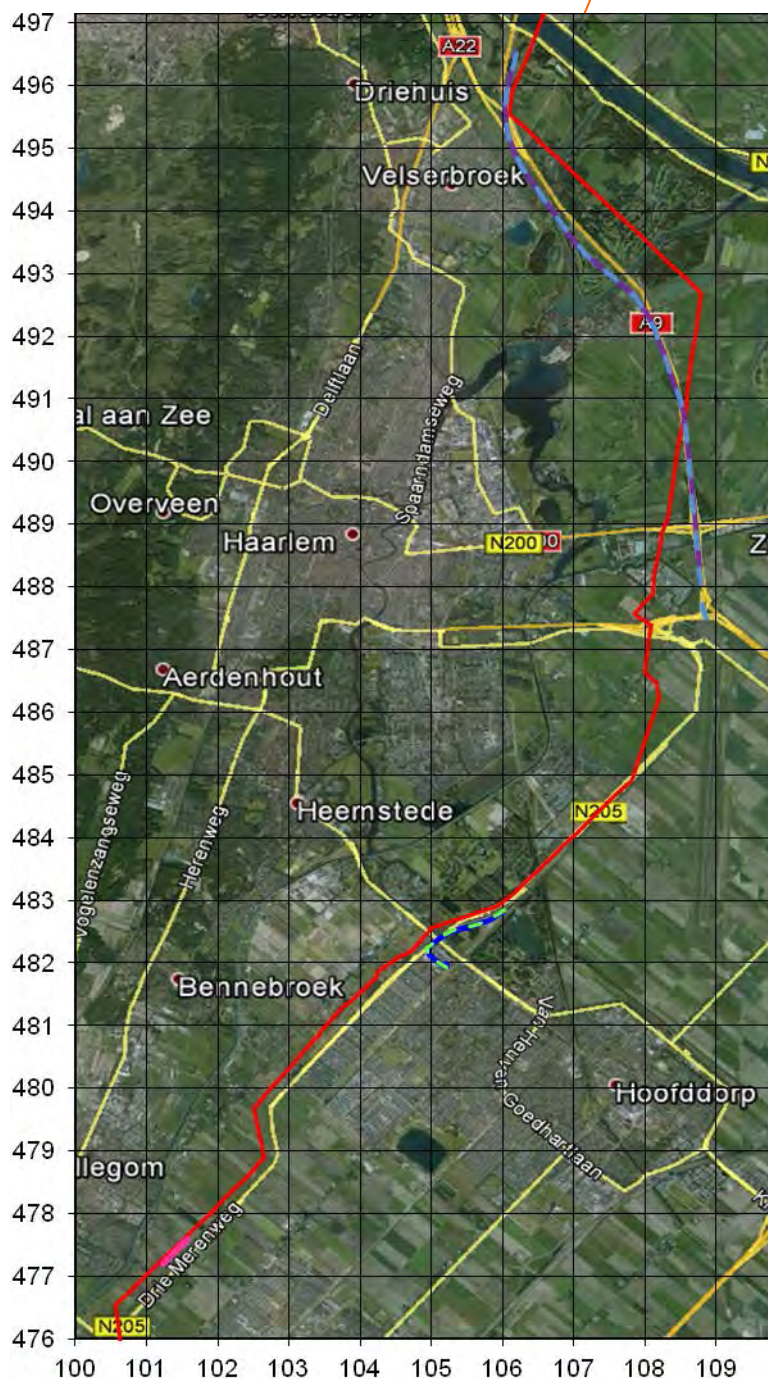
**Bijlage E: Beïnvloedingsgebieden****4. Magnetische veld zones**

De berekende beïnvloedingsgebieden van de magnetische velden zijn per configuratie in tabel 5 opgenomen.

**Tabel 5, Magnetische veld zones**

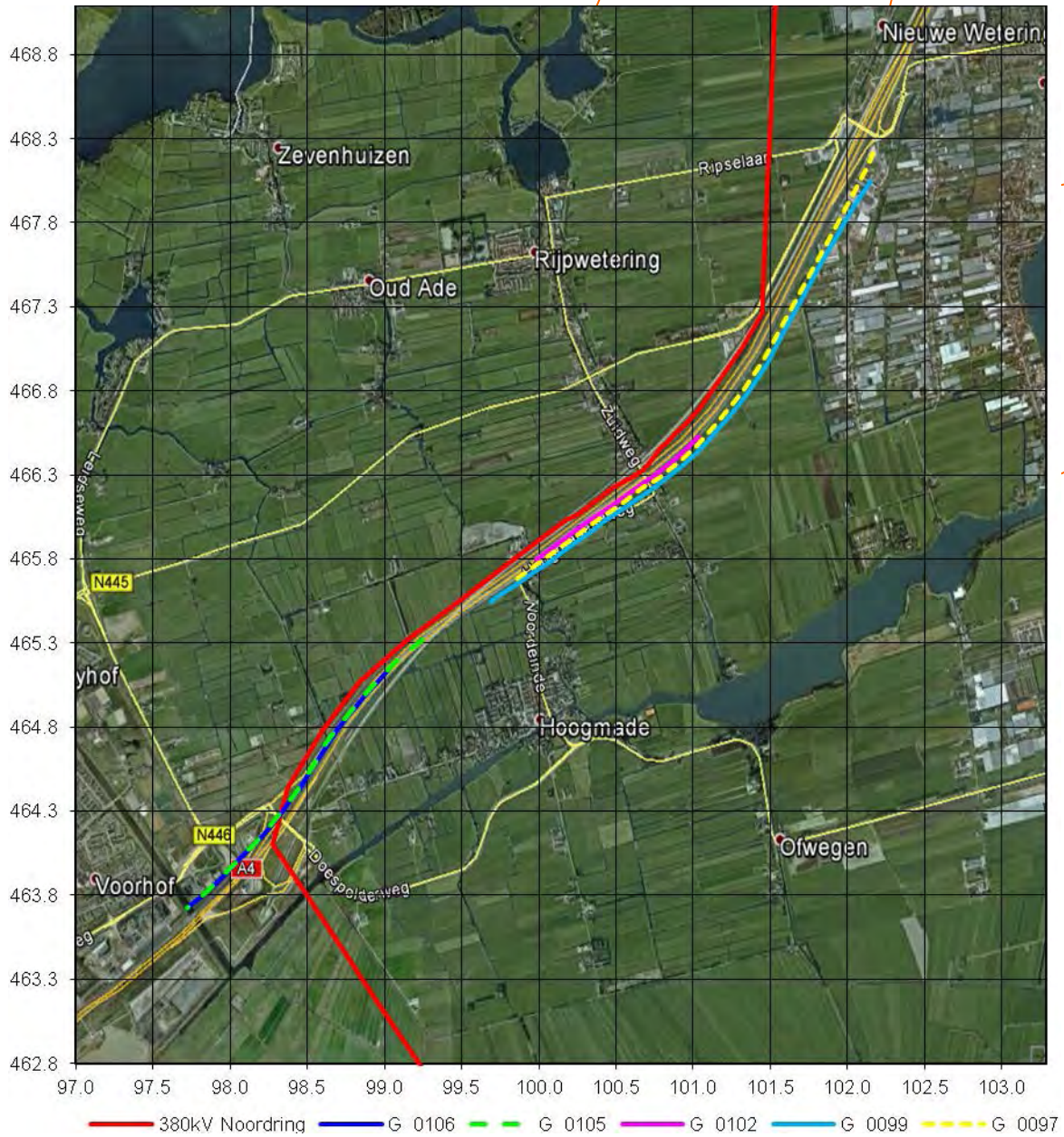
Configuratie	Hoogspanningsverbinding deel	Magnetische veld zone [m]		
		Zone 1 A/m	Zone 3 A/m	Zone 30 A/m
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5)			
	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 38)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 181 t/m 154)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 153 t/m 141)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 136 t/m 133)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 126 t/m 123)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 109 t/m 101)	83	48	12
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 141 t/m 136)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 133 t/m 126)	90	52	9
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel)			
	150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel)			
	150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel)			
	150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel)			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	17	13	9
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 213 t/m 200)			
	150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 199 t/m 181)			
	150kV Sassenheim-Haarlemmermeer			
	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 123 t/m 109)			
	150kV Zoetermeer-Leiden	92	52	9

### Bijlage F: Geleiderails



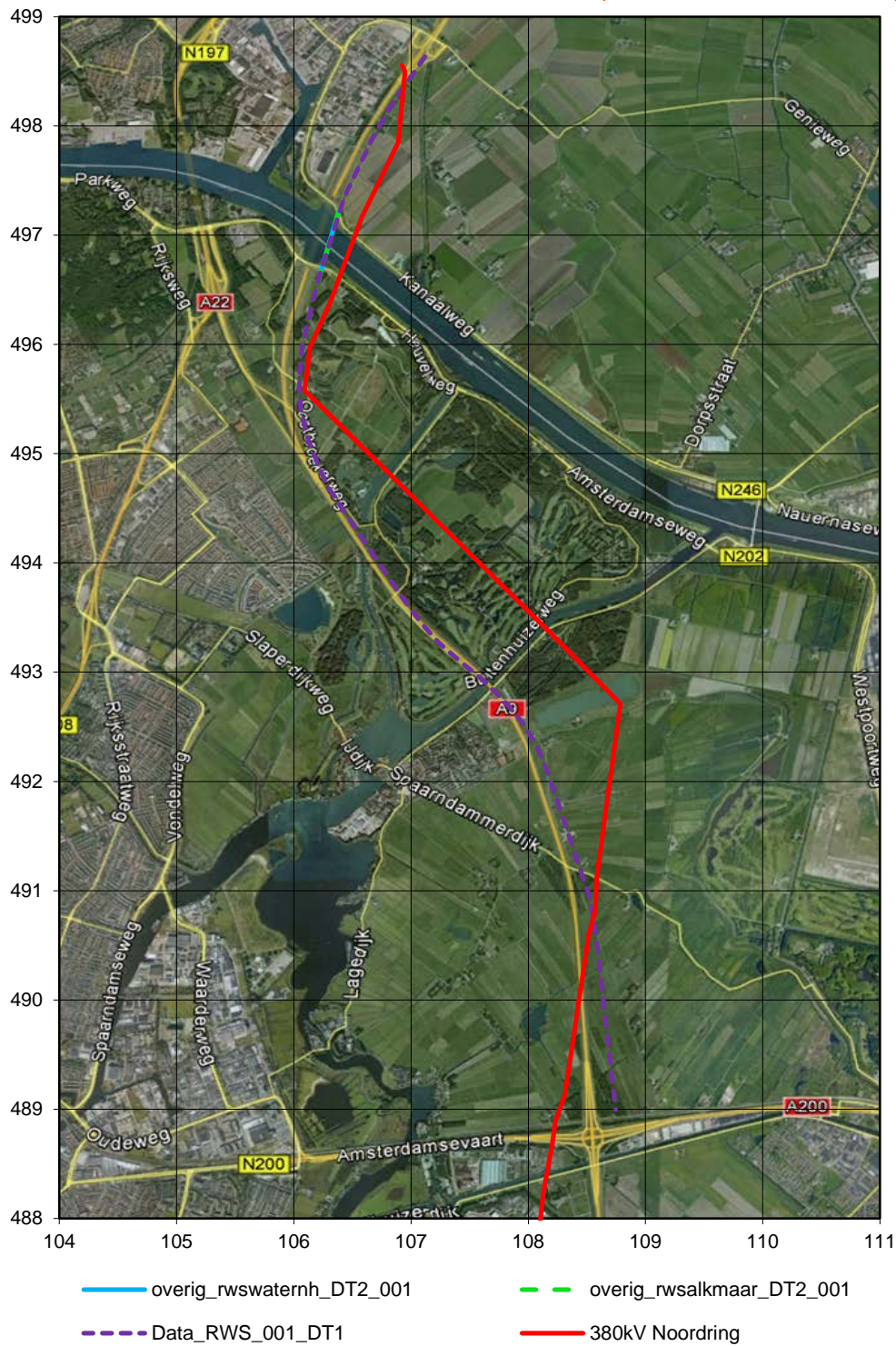
- 380kV Noordring
- G\_0059
- - G\_0015
- G\_VERLICHTINGSKABEL\_0001
- - G\_0058
- G\_0078

Afbeelding F1, Geleiderails langs A9

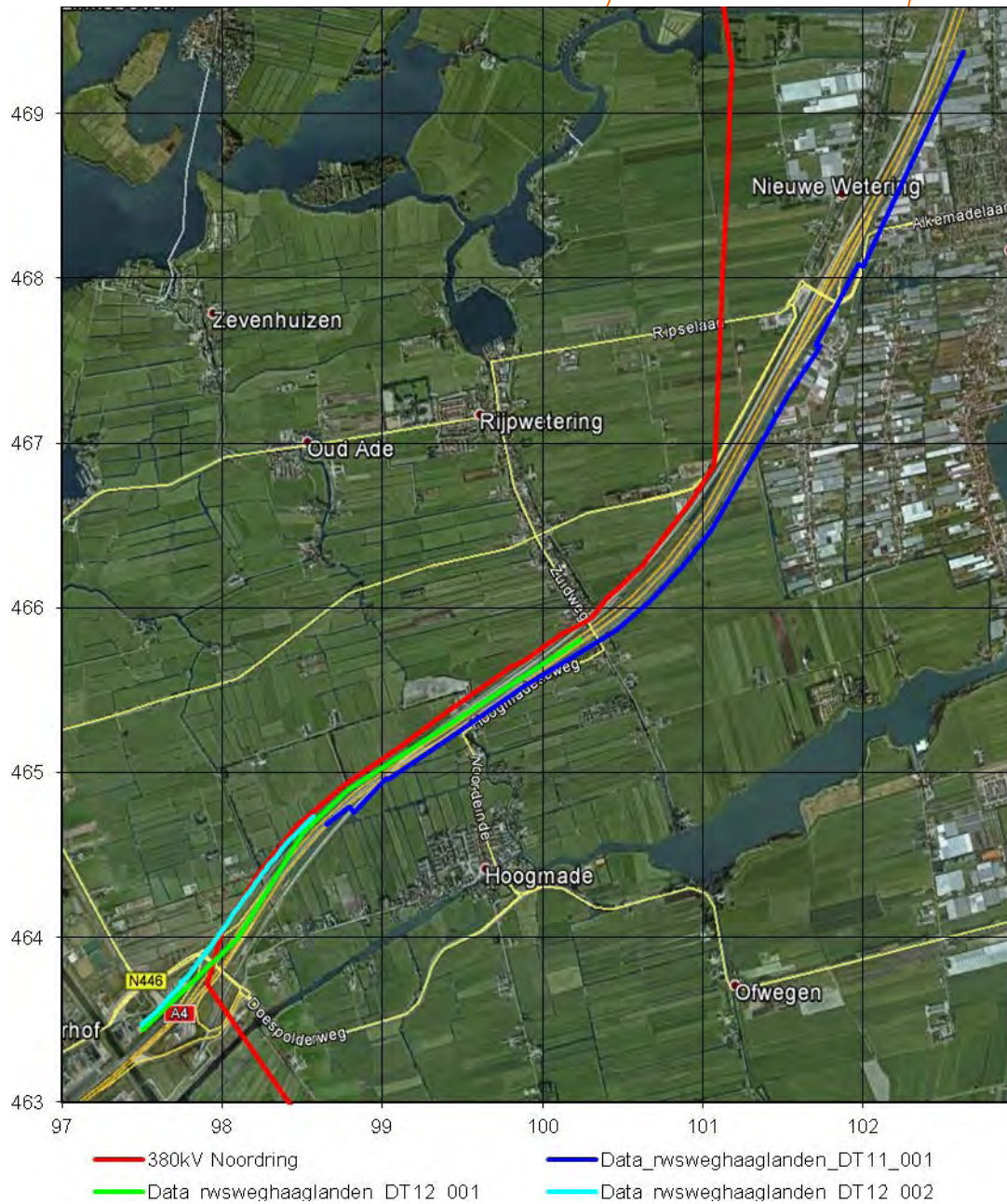


Afbeelding F2, Geleiderails langs A4

### Bijlage G: Signaalkabels

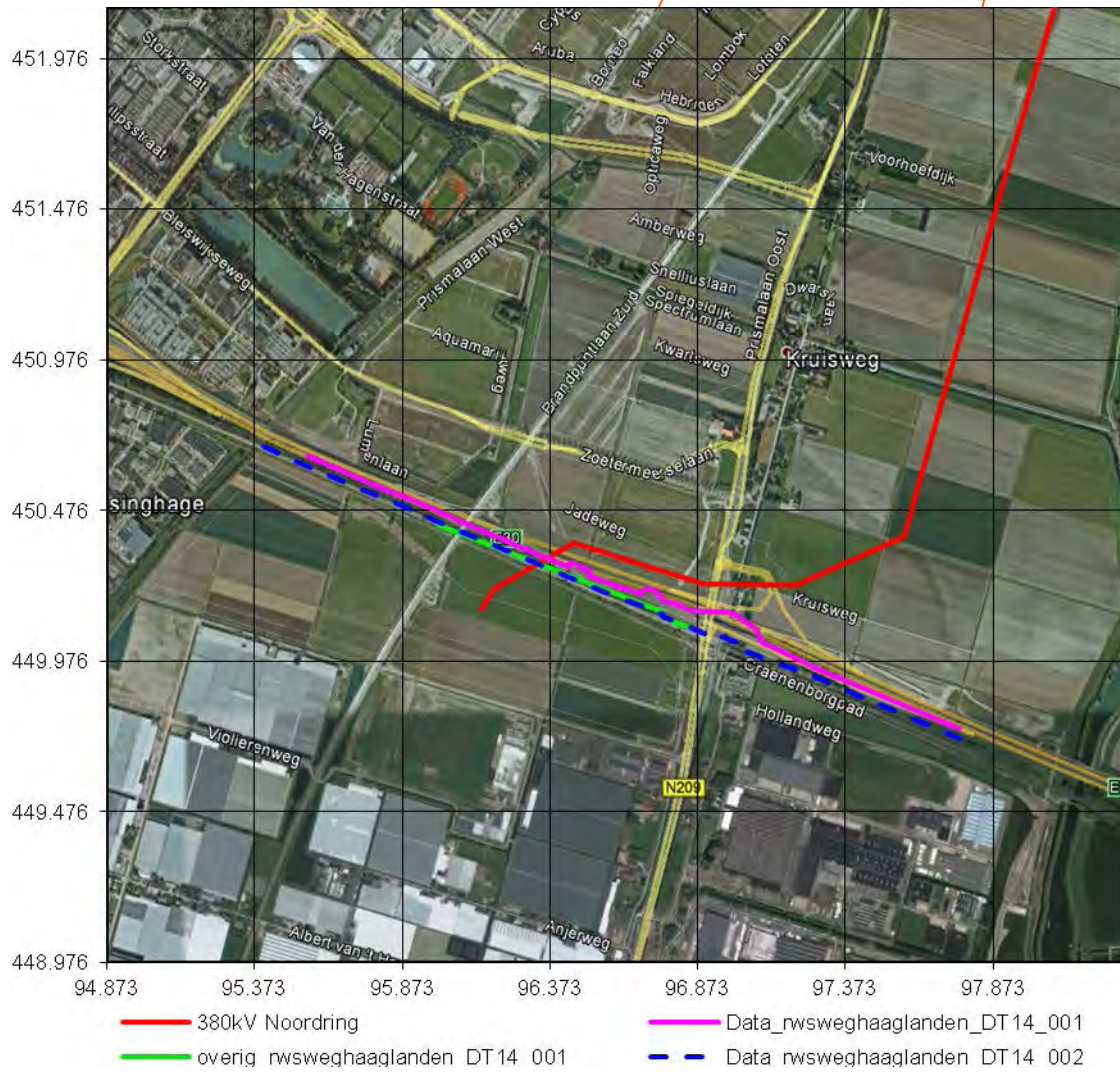


Afbeelding G1, Signaalkabels langs A9



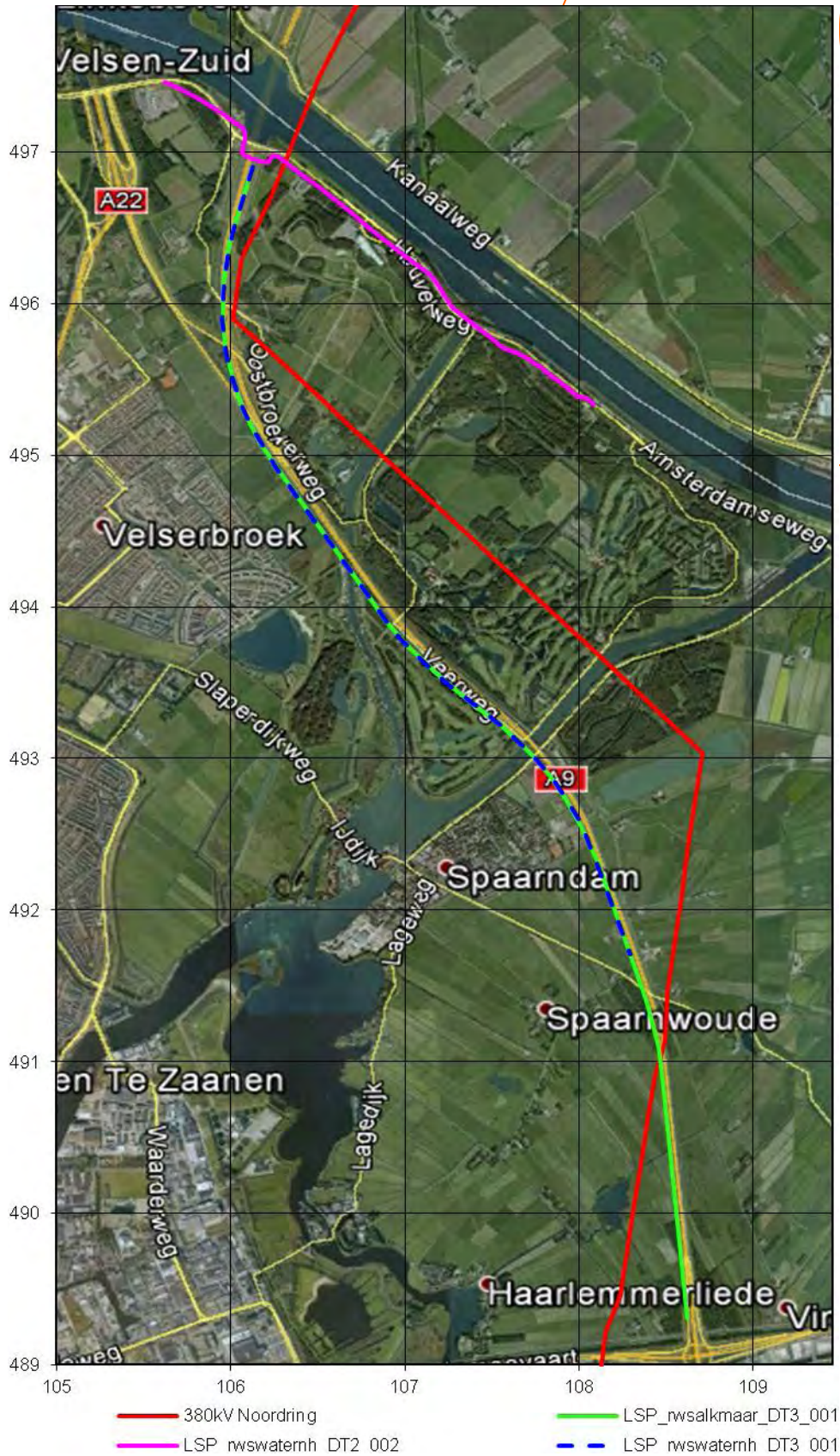
Afbeelding G2, Signaalkabels langs A4

### Bijlage G: Signaalkabels



Afbeelding G3, Signaalkabels langs A12

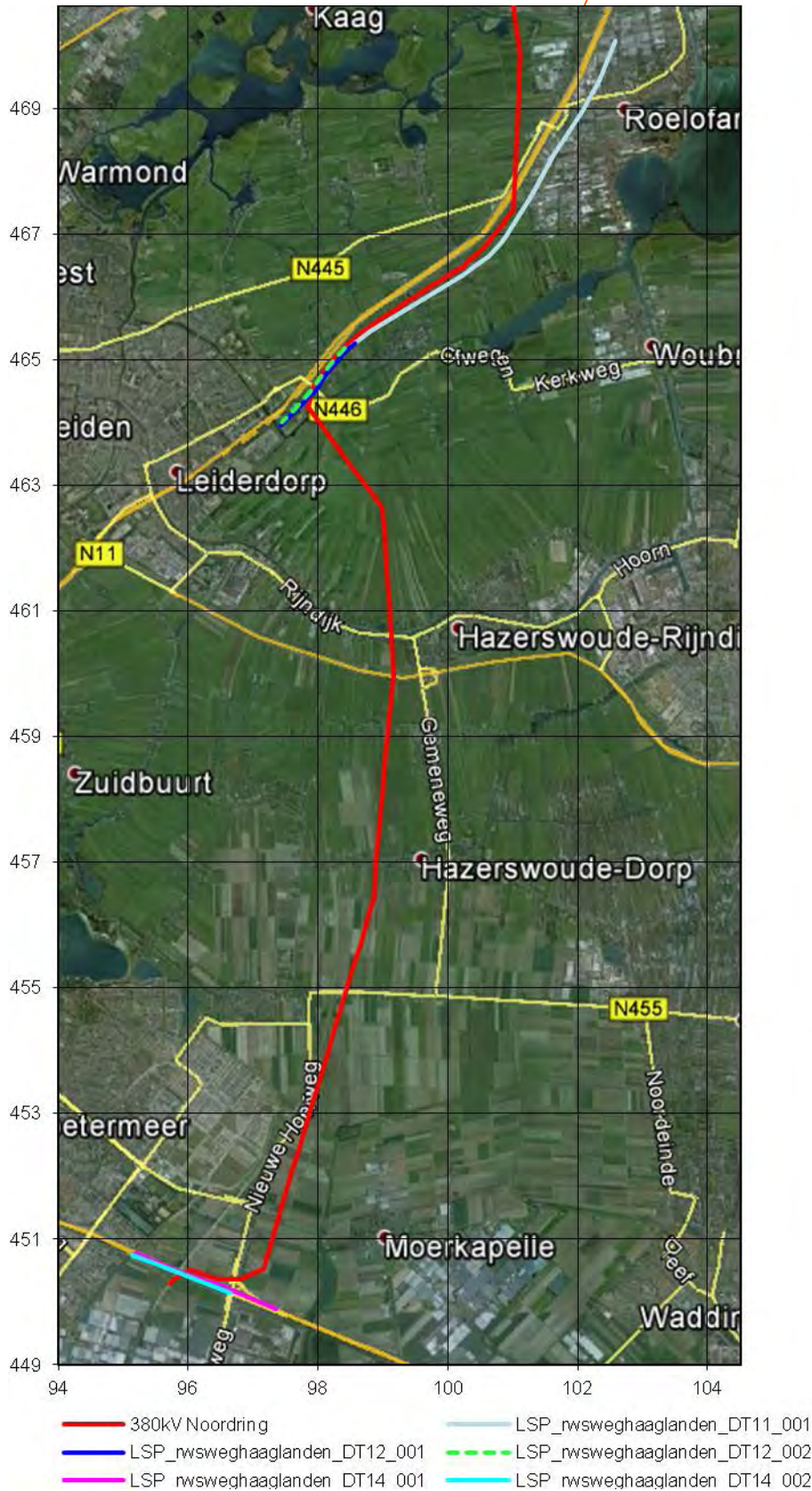




Afbeelding H1, Laagspanningskabels langs A9

## Bijlage H: Laagspanningskabels

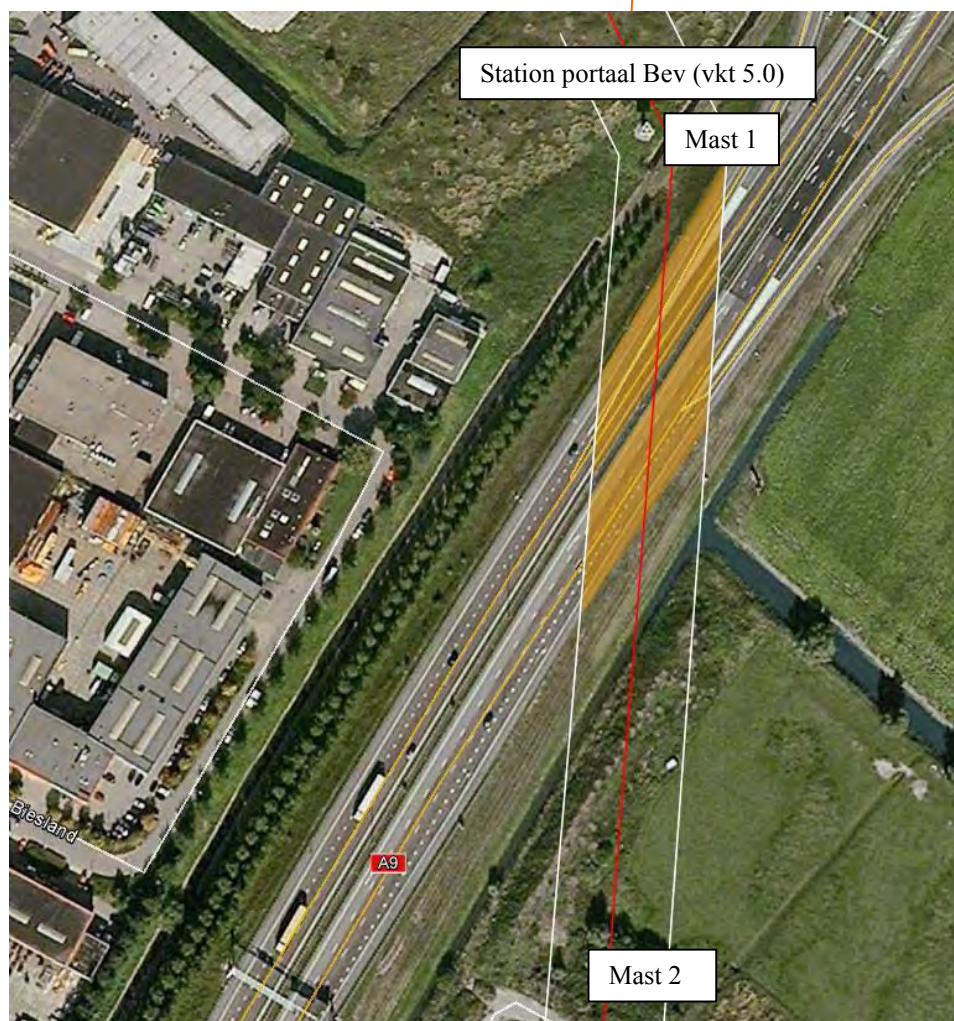
TE121000-R23 AM  
13 februari 2014



Afbeelding H2, Laagspanningskabels langs A4 en A12

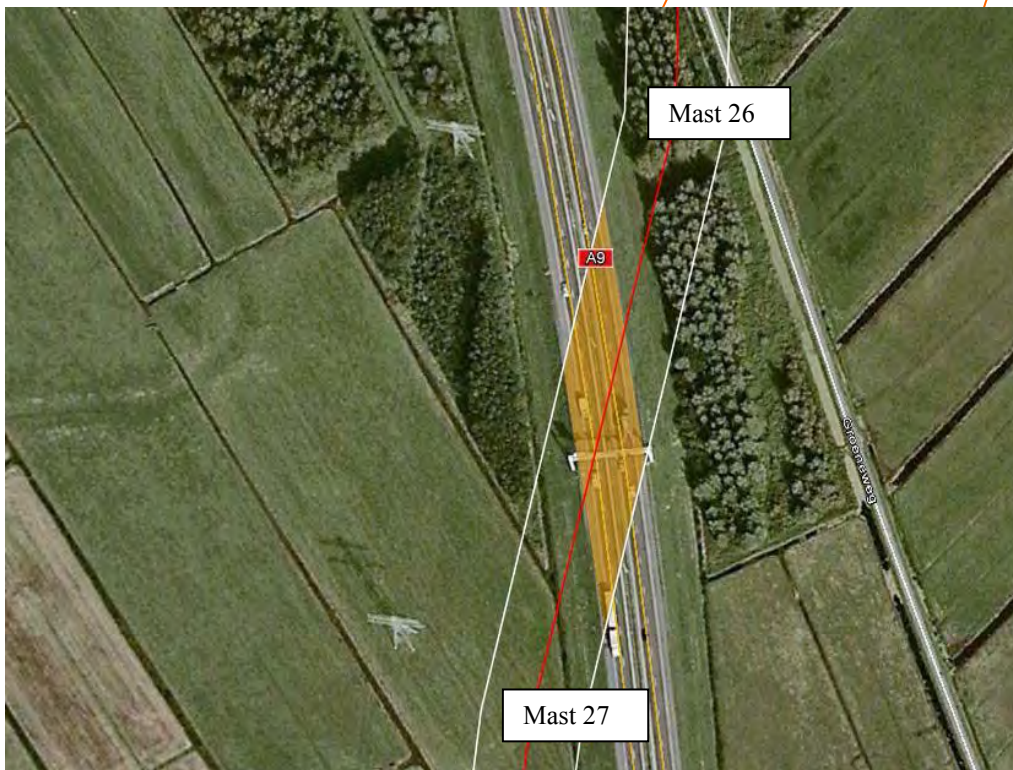
## Bijlage I: Capacitieve beïnvloeding van vrachtauto's

In deze bijlage zijn de locaties waar de R-380kV Noorsring kruist de wegen van Rijkswaterstaat opgenomen.

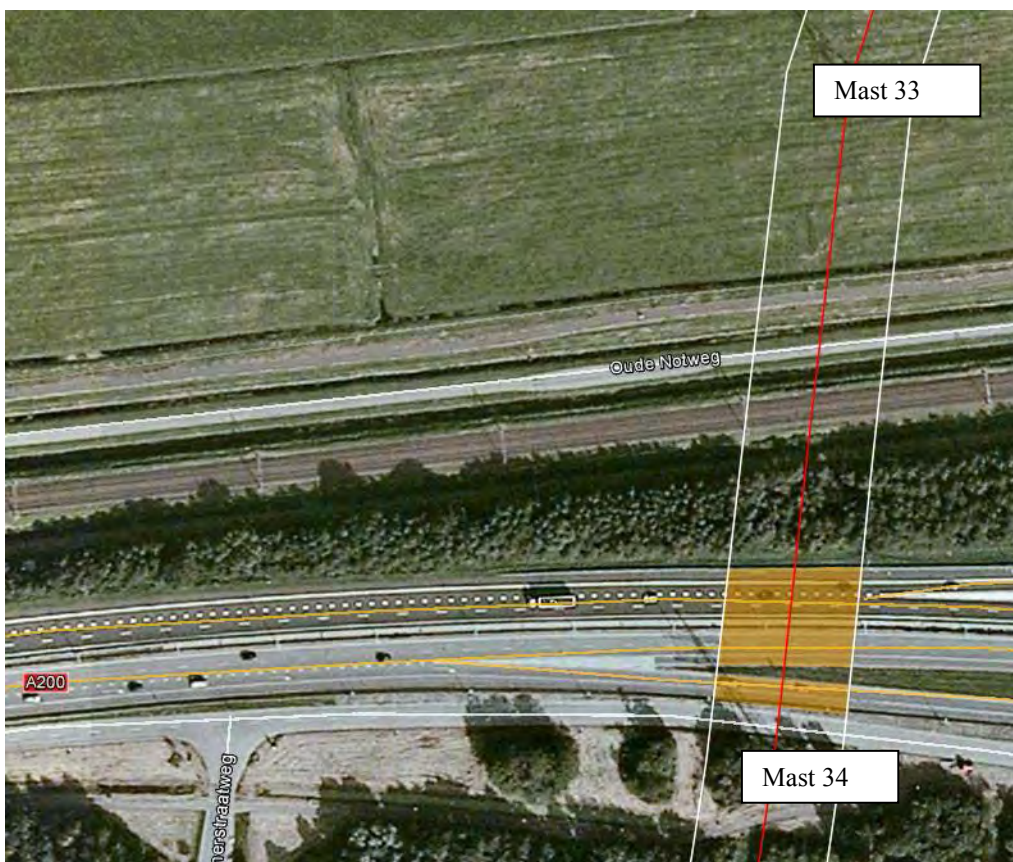


Afbeelding I1, Kruising A9 tussen mast 1 en mast 2

**Bijlage I: Capacitieve beïnvloeding van vrachtauto's**



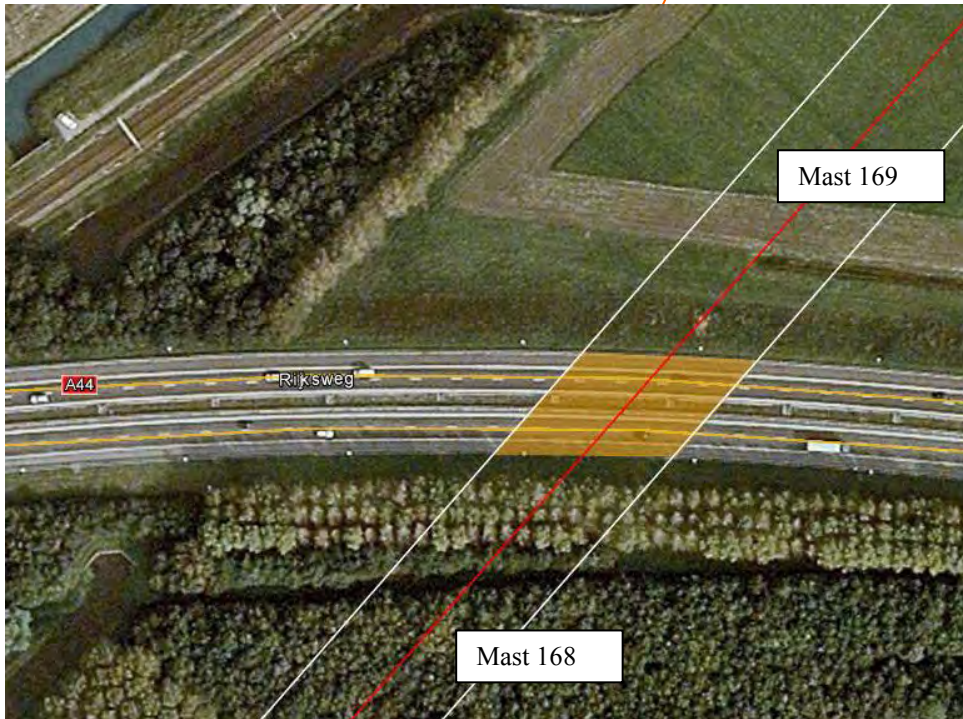
**Afbeelding I2, Kruising A9 tussen mast 26 en mast 27**



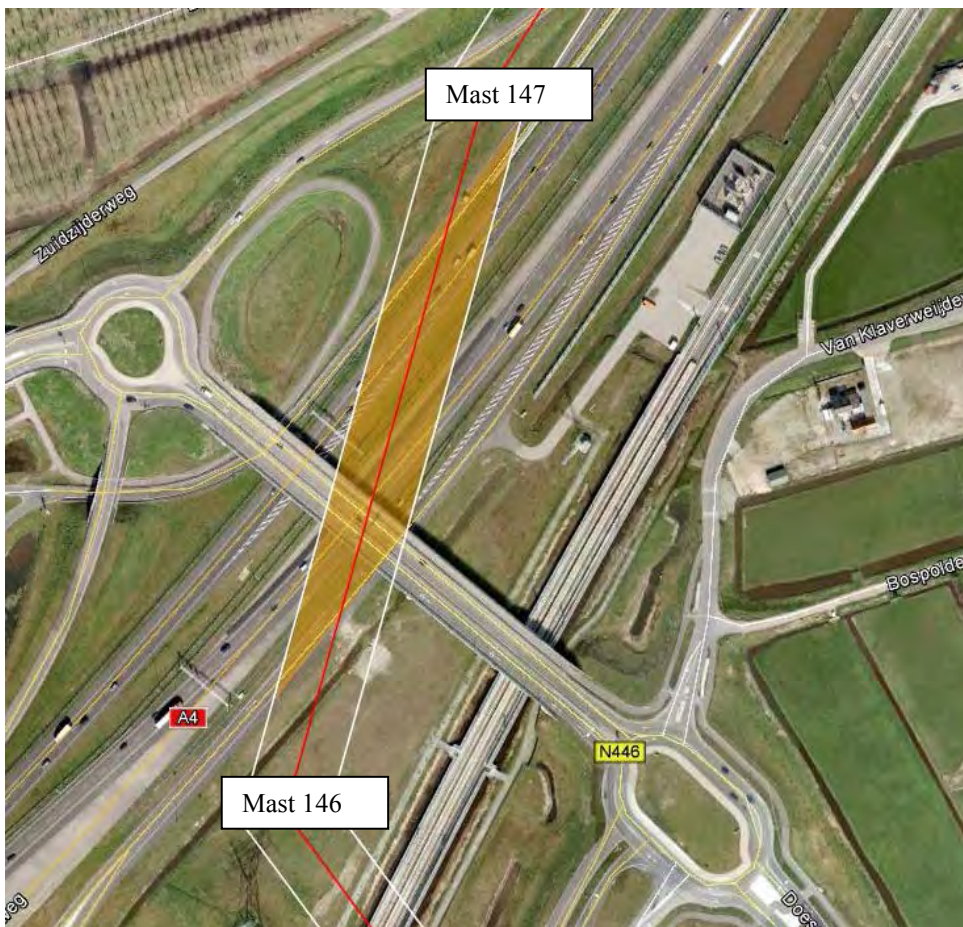
**Afbeelding I3, Kruising A200 tussen mast 33 en mast 34**

# Bijlage I: Capacitieve beïnvloeding van vrachtauto's

TE121000-R23 AM  
13 februari 2014



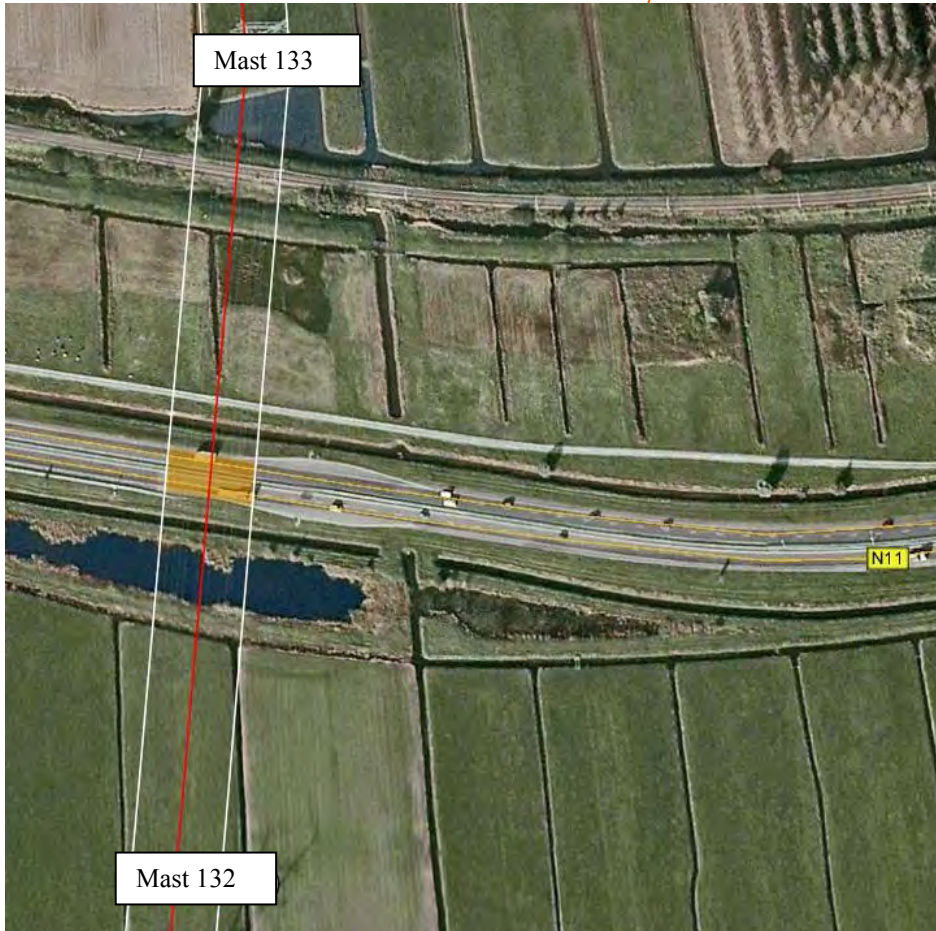
Afbeelding I4, Kruising A44 tussen mast 168 en mast 169



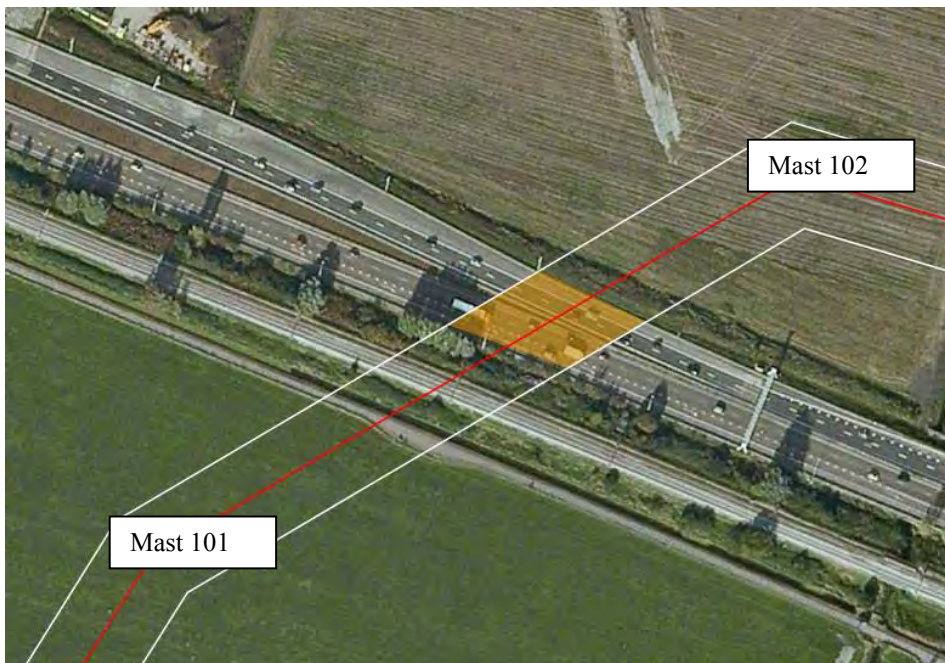
Afbeelding I5, Kruising A4 tussen mast 146 en mast 147

# Bijlage I: Capacitieve beïnvloeding van vrachtauto's

TE121000-R23 AM  
13 februari 2014



Afbeelding I6, Kruising N11 tussen mast 132 en mast 133



Afbeelding I6, Kruising A12 tussen mast 101 en mast 102