Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
T.a.v. dhr. J. Verdiepen
Afdeling Vergunningen en Handhaving
Postbus 130
1700 AG HEERHUGOWAARD

DATUM	17 september 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.400024413
BEHANDELD DOOR	**Sara Zehenpfenning**
TELEFOON DIRECT	0263731555
E-MAIL	**Sara.Zehenpfenning@tennet.eu**
AANTAL BIJLAGEN	12

BETREFT Aanvraag watervergunning Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Verdiepen,

Hierbij ontvangt u een aanvraag watervergunning in het kader van artikel 6.5 Waterwet ten behoeve van de realisatie van het project Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen). Om de aanleg van het project Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk - Vijfhuizen) mogelijk te maken, is het noodzakelijk om binnen het beheergebied van HH HNK de volgende activiteiten uit te voeren:

Aanleggen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (5 masten en een opstijgpunt)
Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken ten behoeve van het overbrengen van de draden
Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen

Het tracé van de hoogspanningsmasten (mast 1 *Um* 5) kruist geen primaire of regionale waterkeringen in het beheergebied van HH HNK. Twee masten worden gedeeltelijk in of nabij een oppervlaktewaterlichaam gerealiseerd en is het noodzakelijk oppervlaktewaterlichamen (tijdelijk) gedeeltelijk te dempen. Daarnaast wordt met de fundatie van de hoogspanningsmasten verhard oppervlak aangebracht. Ten behoeve van de aanleg van de hoogspanningsmasten zal water worden onttrokken (bouwputbemaling).

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 6.5 Waterwet is op grond van artikel 20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing (artikel 3.35). Hierbij is de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie de aangewezen minister voor de coördinatie.

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

1. Ingevolge de rijkscoördinalieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan:
   Minister van economische Zaken, Landbouw en Innovatie
   p/a Bureau Energieprojecten
   t.a.v. dhr. M.C. Bernardina
   Postbus 93144
   2509 AC Den Haag
   o.v.v. (Randstad 380 kV)

TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie 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. Het ontwerpbesluit en later ook het besluit, stuurt u niet aan TenneT maar aan de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

De volgende documenten en bijlagen maken onderdeel uit van deze aanvraag watervergunning:
Aanvraagformulier Watervergunning

01 Algemene gegevens project Randstad 380 kV - Noordring
- 01-4a - Tracétekening Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)
- 01-4b - Tekening tracé R380 binnen beheergebied HH HNK
- 01-4c - Kadastrale kaarten
- 01-4d - Planning Randstad 380kV
- 01-4e -Interferentie onderzoek + Oplegnolitie

A3 Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken
- A3 - 1b - Constructietekeningen en berekeningen masten
- A3 - 1b - Lengteprofielen
- A3 - 16a - Tekeningen werkterreinen masten
- A3 -16b - Tekeningen en principeberekening mastfundaties
- A3 - 16c - Werkplan jukken
- A3 - 16e - Compenserende maatregel voor verharding opslijgpunt

A4 Water in bodem brengen of eraan onttrekken
- A4 - 1 Bemalingsplan Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)

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

U ontvangt de complete aanvraag inclusief bijlagen in 4-voud.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoeken wij u op korte termijn contact met ons op te nemen (zie aanhef brief voor contactgegevens). Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met de heer M.G. Bernardina van Bureau Energieprojecten, telefoon 070379 6530.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

.f .M. (Isidoor) Hermans
Projectmanager Randstad 380

Postbus 718, 6800 AS Arnhem. Nederland

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
T.a.v. mevr. E. Sobolewska
Postbus 250
1700 AG HEERHUGOWAARD

DATUM	7 november 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.400050815
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	0263731555
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	3 (in 4-voud)

BETREFT Wijziging aanvraag watervergunning Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Sobolewska,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag watervergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding, het aanleggen en verwijderen van tijdelijke jukken en het aanleggen en verwijderen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen. Deze aanvraag heeft uw kenmerk 12.0038746.

Hierbij ontvangt u naar aanleiding van uw email van 2 oktober 2012 een aangepaste versie van de tekeningen 1-HBW-V, 4-HBW-V en 5-HBW-V van bijlage A3-16a. Wij verzoeken u de eerder ontvangen tekeningen 1-HBW-V, 4-HBW-V en 5-HBW-V van bijlage A3-16a, d.d. 20-08-2012 te vervangen door bijgaande tekeningen, d.d. 07-11-2012

Op tekening 1-HBW-V is de waterinpassing aangepast Omdat de watergang tussen mast 1 en het te bouwen 380 kV hoogspanningsstation Beverwijk al wordt aangelegd voordat met de bouw van mast 1 wordt gestart, zal deze watergang tijdelijke worden omgelegd en zullen een aantal tijdelijke duikers worden geplaatst Tevens is de tijdelijke werkweg naar mast 1 gewijzigd, zodat de bouwwerkzaamheden voor het hoogspanningsstation en mast 1 elkaar tijdens de uitvoeringsfase niet storen. De tijdelijke duiker d.3 is komen te vervallen.

Op tekening 4-HBW-V is de tijdelijke werkweg optie C verwijderd. Deze optie maakt geen deel uit van de aanvraag watervergunning. De tijdelijke duiker bij mast 4 is komen te vervallen.

Op tekening 5-HBW-V is de tijdelijke waterinpassing aangepast De tijdelijke omlegging van de watergang is gewijzigd.

Wij verwachten u hiermee voldoende Ie hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Is' oor Hermans
Projectmanager Randstad 380

HHNK-WV lijn

Aanvraag watervergunning
Randstad 380kV Noordring
Beverwijk Vijfhuizen

Aanvraag
Watervergunning

Versie 2.2

1 oktober 2010

Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

ip

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Introductie

Inleiding

Met dit formulier kunt u een watervergunning afwijziging daarvan aanvragen.

Belangrijk! Raadpleeg altijd eerst de gemeente waar uw voorgenomen activiteiten plaatsvinden of de bevoegde instantie en hoor of ecn vergunning nodig is. Vaak volstaat alleen een melding.

De watervergunning

De watervergunning dekt alle activiteiten in het watersysteem. U hebt een watervergunning nodig als u in, op, boven, over of onder een oppervlaktewaterlichaam (watergang, vijver, rivier, kanaal, meer ofzee) of waterkering activiteiten wilt ondernemen, ofals u grondwater wilt onttrekken afwater wilt infiltreren in de bodem.

De aanvraag

U dient de aanvraag om een (wijziging van de) watervergunning in bij de gemeente of rechtstreeks bij de bevoegde instantie. De bevoegde instantie beoordeelt of de gevraagde vergunning kan worden verleend.

Bevoegde instantie

Dit kan zijn: een waterschap (regionaal watersysteem), Rijkswaterstaat (hoofäwatersysteem), de provincie (grote grondwateronttrekkingen/infiltraties) of de Inspectie Verkeer en Waterstaat (eigen werken RWS) en is afhankelijk van de voorgenomen activiteiten en de locatie. Neem bij twijfel hierover contact op met uw gemeente of de bevoegde instantie (zie de bijlage voor contactgegevens).

Vooroverleg

Vooroverleg met de bevoegde instantie maakt de beoordeling van uw aanvraag makkelijker. Neem daarom vroegtijdig contact op met de bevoegde instantie. U hoort waarvoor u precies een watervergunning nodig heeft en welke voorwaarden gelden.

Behandelkosten

Provincies ofwaterschappen kunnen kosten in rekening brengen voor de behandeling van uw aanvraag.

Zo werkt het

- Voer bij voorkeur vooroverleg met de bevoegde instantie
- Vul het formulier in voor zover nodig
- Voeg de gevraagde bijlagen toe, elk voorzien van een nummer
- Onderteken het formulier
- Verstuur de aanvraag inclusief bijlagen in viervoud naar de gemeente ofnaar de bevoegde instantie
- Afhankelijk van de procedure ontvangt u binnen acht weken of zes maanden bericht over toewijzing ofafwijzing van uw aanvraag en de mogelijkheid om in beroep te gaan. Als de procedure langer duurt, ontvangt u daarover apart bericht.

Digitale aanvraag

Naar verwachting kunt u vanaf het midden van 2011 via Omgevingsloket online digitaal een aanvraag indienen. Tot die tijd is alleen dit formulier geldig.

01. Algemene gegevens

Inleiding

Vul dit onderdeel van de aanvraag altijd in. Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort, dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

> *'ul hier de gegevens m van degene op wiens "aam de vergunning moet komen: organisatie/bedrijf of porticIlher*

1 Gegevens van de aanvrager

Organisalielbedrijf:	TenneT TSO BV
Naam en voorleller(s):	I.F.M. Hermans – Projectmanager Randstad 380 kV
Adres:	
Postcode:	Postbus 718
Woonplaats:	6800 AS Arnhem
Telefoonnummer:	026-373 11 11
E-mailadres:	

2 Gegevens van de contactpersoon of adviseur van de aanvrager

Naamen voorletter(s):	S. Zehenpfenning
Functie:	Juridisch adviseur vergunningen
Telefoonnummer:	026 - 373 1555
E-mailadres:	

> *Stuur een machllgmg met de aanvraag mee*

3 Gegevens van de gemachtigde (dient de aanvraag namens de aanvrager in)

Naam en voorleUer(s):	
Adres:	
Postcode:	
Woonplaats:	
Telefoonnummer:	
E·mailadres:	

! *Bijlage*

> *,'ul* 111 *voor zover mogelijk*

4 Locatie van de activiteiten

Adres:	Zie bijlage 01-4b
Postcode en plaats:	

Kadastrale gegevens

Gemeente:	Zie bijlage 01-4c	sectie:		nummer(s):	
Gemeente:		sectie:		nummer(s):	

Aanvraag

Watervergunning
O 1. Algemene gegevens
Ministerie van Verkeer en Waters/aaf

Overige locatiegegevens

Naam oppervJakte-waterlichaam: NVT

XfY-coördinatcn:

Kilometrering: Zijde (NIZIOlWlLilRe):

5 Periode van de activiteiten

> *Ga:o nodig **verder** op **een** aparte bijlage*

5a Wat is de geplande begin- en einddatum van de voorgenomen activiteiten?

Activiteit:

Begindatum: ddlmm/liü: Einddatum: dd/mmlliü:

Activiteit:

Begindatum: ddlmm/liü: Einddatum: dd/mmlilii:

Activiteit:

Begindatum: ddlmm/liü: Einddatum: dd/mm/jjjj:

Geef zo nodig een toelichting

Zie bijlage Ol - 4d

6 Activiteiten

> *Geef **een** korte **omschrijving***

6a Omschrijf de aard van de activiteiten

Aanleggen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (5 masten en een opstijgpunt)
Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken ten behoeve van het overbrengen van de draden
Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen

6b Omschrijf de reden / het doel van de activiteiten

Zie boven

7 Type aanvraag

7a Gaat het om een nieuwe aanvraag of om een wijziging van een vergunning?

- Nieuwe aanvraag

O Aanvraag voor wijziging van een bestaande vergunning, namelijk:

VergunningnummerIkenmerk: Datum:

Verleend door/bevoegd gezag:

02. Activiteitenkeuze en ondertekening

Inleiding

Vul dit onderdeel van de aanvraag altijd in. Ga daarna door naar de kcuzebladen die voor u van toepassing zijn. Ten slotte ondertekent en verstuurt u de aanvraag, inclusief bijlagen. Het is mogelijk dat u naast de watervergunning ook andere vergunningen nodig hebt of meldingen moet doen. Lees hier meer over in de toelichting. Raadpleeg bij twijfel uw gemeente of de bevoegde instantie. Toelichting (i) staat op een apart toelichtingenblad.

> U *kunt meerdere onderdelen aankruisen*

1 Keuze van activiteiten

I a Kruis aan wat van toepassing is op uw aanvraag

	Activiteit	Toelichting	Keuzeblad
O	Stoffen in een oppervlaktewaterlichaam brengen	U wilt bijvoorbeeld afvalwater in een oppervlaktewaterlichaam lozen of rechtstreeks (dus niet via de gemeentelijke riolering) afvoeren naar een noolwaterzuiveringsmriehling.	A I
O	Stoffen in zee brengen	U wiit baggerspecie op een locatie builen de 12-mijlszone van de Noordzee slonen.	A2
☒	Een waterstaats\\crk of beschermingszone gebruiken	U wilt werkzaamheden verrichten in, op, boven, over of onder een waterstaatswerk of de aangrenzende beschenningszone. Een waterstaatswerk is een oppel"Vlaktewaterlichaam. bergingsgebied. waterkering of ondersteunend kunstwerk (bijv. een sluis af stuw).	A3
☒	Water in de bodem brengen of eraan onttrekken	U wilt grondwaler onttrekken of in samenhang daarmee water in de bodem brengen (mfiltreren). Ook onnrekkingen in verband met bodemenergies)'stemen vallen in deze categorie.	A4
O	Water in een oppcrvlaktewalerhchaam brengen of eraan onttrekken	U wilt grote hoeveelheden waler in een oppcrvlaktewalerlichaam tozen of daaraan grote hoeveelheden onttrekken.	*AS*

2 Ondertekening

2a Onderteken deze aanvraag als u alle van toepassing zijnde vragen hebt beantwoord

Jk verklaar dir formllier en de biJlagen naar waarheid te hebben ingevuld

Datum: 17-09-2012

Plaats: Arnhem

Handtekening aanvrager:

> *Alleen als u gemachtigd bent*

Handtekening gemachtigde:

Aantal bijgevoegde bijlagen: 12

3 Aanvraag versturen

> *Zie de bijlage voor contactgegevens van bevoegde instanties*

3a Stuur alle ingevulde onderdelen van de aanvraag inclusief de bijlagen in viervoud (tenzij de bevoegde instantie anders aangeeft) naar de gemeente waar de activiteiten worden uitgevoerd of rechtstreeks naar de bevoegde instantie

> *Maak een kopie voor eIgen gebrIlik*

Uitzondering:
Als u activiteiten in de Noordzee wilt verrichten, stuurt u de aanvraag niet naar de gemeente, maar altijd rechtstreeks naar Rijkswaterstaat (zie de bijlage voor contaclgegevens)

Aanvraag

Watervergunning
Ol. Algemene gegevens
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Overzicht bijlagen bij blad 01

> *Voorzie de bijlage van het juiste nummer*

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
4	Situatietekening. kaan of foto	Gebruik een situatietekening. kaart. foto ofander geschikt middel om de precieze locatie van de activiteiten ten opzichte van de omgeving aan te geven. Tekening en kaart zijn voorzien van een noordpijl. De schaal van de kaart is 1:10.000. maar na overleg mei de bevoegde instantie mag u eventueel een andere sehaal gebruiken.	O1-4
5a	Begin. en einddatum activiteiten	Vervolg van de bij vraag 5a ven nelde datums.	01·5a

A3. Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Inleiding

Vul dit onderdeel in als u activiteiten wilt uitvoeren in. op, boven. over of onder een waterstaatwerk of bijbehorende beschermingszone, of als u vaste substanties of voorwerpen wilt storten, plaatsen. neerleggen of juist wilt laten staan of laten liggen bij het waterstaatwerk of de beschenningszone. Een waterstaatswerk is: een oppervlaktewaterlichaam (zoals een watergang, vijver, rivier, kanaal, meer of zee), een bergingsgebied. een waterkering of een ondersteunend kunstwerk (zoals een sluis. stuw of brug).

Let op! Raadpleeg uw waterbeheerder voor af of u een watervergunning nodig hebt of dat u alleen een melding hoeft te doen.

Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort., dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

1 Gebruik

> Kruis aall wat van toepassillg is en ga verder bij de voor u relevante vra(a)g(en)

1a Op welke wijze wilt u gebruikmaken van het waterstaatwerk? Meerdere opties zijn mogelijk

	Activiteiten	Vraag
☒	Dempen van een oppervlaktewaterlichaam	2
D	Graven van een oppervlaktewalcrlichaam	3
D	Ontwikkelen of inrichten van naluur	4
D	Aanleggen. wijzigen of verwijderen van een brug	5
D	Aanleggen, wijzigen of verwijderen van een dam (met of zonder duiker)	6
D	Beschoeien (oeververdediging)	7
D	Aanbrengen van beplanting in of nabij een oppervlaktewaterlichaam	8
D	Overige activiteiten in ofnabij oppervlaktewaterlichamen	9
D	Oprichten van bouwwerken. niel zijnde gebouwen, in de Noordzee	10
☒	Activiteiten in. op of nabij waterkeringen	I1
D	Aanleggen van kabels of leidingen	12
D	Innemen van een ligplaats	13
D	Bouwen. wijzigen ofvenvijderen van een steigerofvlonder	14
D	Wijzigen van het waterpeil	IS
☒	Aanbrengen van verhard oppervlak (waaronder dakoppervlak)	16
D	Activiteiten in een waterbodem	17

! Bijlage

1b Voeg als bijlage toe: een constmctictekening van de voorgenomen activiteiten

Aanvraag

Watervergunning
A3. Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

2 Dempen van een oppervlaktewaterlichaam

2a Kruis aan wat van toepassing is op de aanvraag

O Geheel dempen van een oppervlaktewaterlichaam
• Dempen van een deel van een oppervlaktewaterlichaam
O Versmallen van een oppervlaktewaterlichaam

2b Geef aan wat de lengte is van het te dempen oppervlaktewaterlichaam in meters

zie bijlage A3-16a m

2c Geef aan wat de omvang is van de demping in vierkante en kubieke meters

zie bijlage A3-16a m³

m³

2d Omschrijf hieronder de toe te passen materialen voor de demping

Zie bijlage A3-16a

16 Aanbrengen van verhard oppervlak (waaronder dakoppervlak)

16a Kruis aan wat van toepassing is op de aanvraag

X Aanbrengen van verharding
O Inrichten van een opslagdepot (bijvoorbeeld voor grond of grind)
O Bouwen van dakoppervlak
O Bouwen van kassen
O Anders, namelijk:

16b Wat is het soort of type van de aan te brengen verharding?

Zie bijlagen A3 – 1b en A3 – 16b

16c Vermeld de oppervlakte van de aan te brengen verharding, dakoppervlak of kassen

40 per masllocalie
en 4500 opstijgpunt m²

16d Omschrijf de wijze van afvoer van het hemelwater dat op de verharding valt

16e Omschrijf de compenserende of bergende maatregelen voor de aan te brengen verharding. dakoppervlak of kassen

Zie bijlage A3- 16e

Aanvraag

Watervergunning
A3. Waterstaatswerk ofbeschenningszone gebruiken
Minisferie van Verkeer en Wafersfaat

Overzicht bijlagen bij blad A3

> Voorzie elke bijlage \011 het JUlste nummer

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
Ib	Construetie-tekening met berekeningen	Critena: minimaal A4, goed leesbare gegevens, geen 'verkleinde' aanlevering' in verband mct dc scha3lindcling. correcte schaalindeling en onderbouwende berekeningen.	A3-1h
4d	Profielschels	Profieischels van de oever,	A3-4d
4e	Vegetauekaan	Een vegetatiekaart, schaal I ; 5()()0. mei weergave van de \ege13tiesoort en de conlour waar de soort naar verwachting ontstaat, of wordt gepland Geefop de kaart de ruwheidstypen in gesloten conlouren en aangegeven door gekleurde vlakken weer. Geefook de comouren, als van toepassing, van bebouwing weer op de kaart. Bebouwing wordl meegenomen in de bepaling van de weerstand \'an de stroming.	A3-4e
10.	Beschrijving gevolgen rechtmatig gebruik	Beschrijving van de gevolgen van de voorgenomen activiteiten \ oor het rechtmatig gebruik van de Noordzee door derden	A..1·lOa
lOb	Beschrijving milieugevolgen	BeschriJvmg van de gevolgen \'an de voorgenomen aCli\'lteiten voor het milieu	A3-lOb
10,	Opnchlmgs- en inrichlingsplan	Omschrijving van de veihgheidswaarborgcn, het onderhoud. de verlichtingsmaatregelen, maatregelen ter voorkoming en beperking van calamiteiten, en de wijze van verwijdering van de installatie.	A3·IOc
lOd	Beschrijving nul en noodzaak	Beschrijving van het nut en de noodzaak van hel opnehten van hel werk ofde installatie in de EEZ.	A3-IOd
11b	Tekeningen	Tekening met een dwarsdoorsnede van het werk len opzichte van de waterkering met maatvoeringen en een tekening met de dwarsdoorsnede van de huidige situatie (lcn opzichte) van de waterkering.	AJ-I1b
11b	Berekeningen	Berekeningen op basis van gegevens verkregen uit grondonderzoek conform nonnenng TAWIENW door een op dit vakgebied Ier zake kundige. De berekeningen tonen ten minsle aan dat: dOOf de activiteiten de stabiliteit van de waterkering of kade niel afneemt, • door de acli\'lteiten de waterkering of kade niet zodanig waterdoorlatend wordt dat risico's onlstaan in de vorm van piping en kwel. door e\'entuele bemaling lijdens de activiteiten geen schade wordt veroorzaakt aan de (grondlagen in de) waterkering of kade en naastgelegen ondervelden,	AJ·11b2
11b	Werkplan	Plan van aanpak	A3-11b3
11b	Boorplan	Boorplan IS nodig als de waterkermg of de bijbehorende beschermingszone wordl gekruisl door cen horizontaal gestuurde (HDD-)boring. Het boorplan bevat een beschrij\'ing van de horizontaal gestuurde boring,	A..1-IIb4
12,	Tracé·lekening van de kabel of leiding	De ligging van de kabel of leiding, in een gangbare, goed leesbare schaal, mei daarop de leidinggegevens en eventueel bijkomende werken. Als detailtekening op de tracé-tekening zelf of apan aange\'en. kruisingen met oppervlaktewalCflichamen in doorsnede met opgave van maatvoeringen en de kabel- of leidinggegevens. vermelding van de aanlegmethode.	A3-12e
12,	Berekening van de leiding en de effecten	Een berekenmg van de leiding en de effecten op de waterkering confonn de NEN 3650, 3651·serie, NPR 3659.19% als de kabel af leiding blOnen de waterkering wordl gelegd.	A3·12e2
12c	Tekening kabel of leiding binnen waterkering	Doorsnede van de kabel enlof leiding ten opzichle van de waterkering met vermelding van eventuele boogslralen (bij kruisingen), gegevens van toegepaste materialen en hel te transporteren medium.	AJ·12e3
12,	Boorplan	Boorplan is nodig als een oppervlaktewaterlichaam, waterkering ofbijbchorende bcschcrmingszone wordt gekruist door een horizontaal gestuurde (HDD-)boring. Het boorplan bevat een beschrijving van de horizontaal gestuurde boring,	A3·12c4
12c	Werkplan	Plan van aanpak met omschrijving van de aanlegmethode als de kabel of leiding binnen de waterkering wordt gelegd.	A3·12c5
15d	Tekeningen	Een tekening met de begrenzing van hel gebied waarop de peilwijzigmg van invloed is, plus detailleL:eningen van alle toegepasle peilregulerende werken met	A3·15d

Aanvraag

Watervergunning
A3. Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

		vermelding van de gebruikte schaal en toegepaste materialen.	
15d	Rapport peilwijziging	Beschrijving van de noodzaak van de peilwijziging, de gevolgen van de peilwijziging voor de waterhuishouding en voor eventuele derden.	AJ·15d2

A4. Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Inleiding

Vul dit onderdeel in als u grondwater wilt onttrekken. water wilt infiltreren of een bodemenergiesysteem wilt realiseren. waarbij grondwater wordt onttrokken of water in de bodem wordt gebracht. Raadpleeg uw waterschap vooraf of u een vergunning nodig hebt of dat u kunt volstaan met een melding. Raadpleeg echter de provincie in de volgende gevallen:

- Onttrekkingen of infiltraties voor industriële toepassingen, als meer dan 150.000 m³/jaar wordt onttrokken
- Onttrekkingen of infiltraties voor de openbare drinkwatervoorziening
- Onttrekkingen of infiltraties voor een bodemenergiesysteem.

In deze gevallen is ontheffing van de vergunningplicht alleen mogelijk als de onttrekking niet meer dan 10 m^3/uur bedraagt. Vul ook onderdeel A1 van dit formulier in als bij het boren van onttrekkings- ofinfiltratieputten spuiwater ontstaat dat u in een oppervlaktewaterlichaam wilt lozen.

Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort, dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

1 Onttrekkingen

1a Wat is het doel waarvoor het te onttrekken grondwater wordt gebruikt?

Provincie bevoegd **gezag**
- O **industriële** toepassingen (> 150.000 m³/jaar)
- O openbare drinkwatervoorliening
- O bodemenergiesysleem

Waterschap **bevoegd gezag**
- O **industriële** toepassingen «150.000 m³/jaar)
- O drinkwater vee
- • bronbemaling
- O **bodem-** enlof grondwatersanering
- O beregening
- O anders, namelijk:

Zie bijlage A4-I

1b Vul in de tabel de gegevens van de onnrekkingsputten in - zie BemaJingsplan

> *Ga bij meer putnummers **verder** op **een** aparte bijlage*

Putnummer	Onttrekkingsputten N,			
Nieuw **of bestaand (n/b)**				
Diameter **filter(s)** (m)				
Lengte filter(s) (nI)				
Bovenkant filler(s) t.o.v. NAP (m±NAP)				
Onderkant filterts) t.o.v. NAP **(m±NAP)**				
Bovenkant filter(s) t.o.v. maaiveld **(m±mv)**				
Onderkant filter(s) t.o.\'. maai\'cld **(m±mv)**				
Brutopompcapaciteit (ml/uur)				
Pompcapaciteit **(m^3/uur)**				
RD-coördinatcn (X/Y)*				

**plaatsaanduiding* /.fl.v *het Rijksdriehoeksnet*

> *VIII bij **een** tijdelijke onttrekking ook het totaal*

1c Geef de hoeveelheden water aan die u maximaal wilt onttrekken

	m^3 per uur
	m^l per etmaal
	m^3 per maand
	m^3 per kwartaal
	m^3 per jaar

! ***Bijlage***

ld Voeg als bijlage toe: ecn beschouwing van de (mogelijk) negatieve gevolgen van de onttrekking(en) en hun omvang

CD

! *BIjlage*

Ic Voeg als bijlage toe: een beschrijving van de maatregelen of voorzieningen die ulreft om de (mogelijk) negatieve gevolgen van de onttrekking(en) te voorkomen ofte beperken

CD

IfWal gebeurt mei het ollnrokken grondwater, dal niet wordt verbruikt? Zie Bemalingsplan

O Lozen in een oppervlaktcwatcrlichaam
O Lozen via de gemeentelijke riolering
O Terugbrengen in de bodem/grondwater
O Anders, namelijk:

Overzicht bijlagen bij blad A4

> J·oor=ie elke bijlage **van** /Je/juiste **nummer**

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
Ib	Tabel ontuekkingsputtcn	Gegevens van de ontuekkingspuncn.	A4-I b
Id	Beschouwing met onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gevolgen van de onttrekking{en) aan de hand van de erilena zoals genoemd in de toelichting,	A4-ld
Ie	Beschouwing met onderbouwend rapport	Beschrijving van de \'oorgenomen maatregelen aan de hand van de criteria zoals genoemd in de toelichting.	A4·1e
2a	Tabel infiltratieputten	Gegevens van de infihratieputten,	A4-2a
2d	Analyserapport	Rapport dat inzicht geeft in de samenstelling (relevante parameters) van het te infiilreren water.	A4·2d
2e	Beschouwing met onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gc:\'oigen van de infihratie(s) aan de: hand van de criteria zoals genoemd in de toelichling.	A4-2e
2f	Beschouwing met onderbouwend rapport	Beschrijving van de \'oorgenomc:n maalregc:1en aan de hand van criteria zoals genoemd in de toelichling.	A4-2f
3e	Analyserapport	Rapport dat inzicht geefi in de samenslellmg (relevante parameters) van het in de bodem te brengen water	A4-Je
3f	Beschouwing met onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gevolgen van het bodemenergiesysteem aan de hand van de criteria zoals genoemd in de loelichting.	A4-3r

Aanvraag

Watervergunning
Toelichtingen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

VRIJGAVEBLAD VERGUNNINGSGEGEVENS

DATUM 17 september 2012
REFERENTIE 000.007.400024413 HHNK-WV lijn

ONDERWERP Aanvraag HHNK-WV lijn

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Waterwet - watervergunning

Bijlage	Naam - kenmerk - revisiedatum	Gezien en ineer	Paraaf voor vrï ave
01-4a	Tracékaart 380 kV Noordring Beverwijk-Vijfhuizen kenmerk: R380 10 0963 d.d. 14-8-2012	J. Verduijn	I.F.M. Hermans
01-4b	Tekening masten binnen beheergebied HH HNK kenmerk: R380 10 0966 d.d. 07-09-2012	J Verduijn	G. Volman
01-4c	Kadastrale kaarten kenmerk: R380 10 1228 d.d. 29-08-2012		G. Volman
01-4d	Planning Randstad 380kV Kenmerk: Overall Planning Noordring *d.d.* 31-07-2012		G. Volman
01-4e	Beïnvloedingberekeningen Randstad380:Noordring kenmerk: EN-RT-110008901 d.d. 01-04-2011 Oplegnotitie kenmerk: 00.007.400039763 d.d. 04-09-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3-1b	Constructietekeningen en berekeningen masten Mastenlijst 380 kV verbinding Beverwijk-Vijfhuizen kenmerk: 00.007.400036353 d.d. 04-09-2012	J. Verduijn	G. Volman

	statische ontwerpberekening masttype W2E350 (+5); W2H350 (+5); W2H400; W2S400 (+5); W2E400 kenmerk:-- d.d. 30-07-2012 constructietekeningen masten: kenmerk: MS20120025/01 MS20120025/03 MS20120025/04 MS20120025/05 MS20120025/10 d.d. 03-09-2012		
A3 - 1b	Lengteprofielen kenmerk: 30813059-50-001 VKT 4.0 - 1,2 van 4 d.d.10-08-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3 –16a	Tekeningen werkterreinen masten kenmerk: 1-HBW-V, 2-HBW-V, 3-HBW-V, 4-HBW-V, 5-HBW-V d.d. 20-08-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3 -16b	Tekeningen en principeberekening maslfundatie Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk-Vijfhuizen) Fundatie Wintrackmasten Principeberekening R38.5N poer kenmerk: 241001 0-BER-DO-KW-001 d.d. 20-08-2012 Situatietekening fundatie Wintrackmasten Randstad 380 Noord Kenmerk: T-VO-KW-0-001 d.d. 30-08-2012 Constructietekening funderingspoer: R38.5N, R33.7N, C14.7N, R38.5B kenmerk: T-VO-KW-V-003, T-VO-KW-V-004, T-VO-KW-V-007 d.d. 20-08-2012	J. Verduijn	G. Volman

A3 - 16c	Functionele eisen ten behoeve van wegkruisingen R380 noord noord kenmerk: **741** 00606-ETD/POL 11-2336 d.d. 04-10-2011	J. Verduijn	G. Volman
A3-16e	Tekening compenserende maatregel voor verharding opslijgpunt kenmerk: A:lp_r380\productenlvergunningenlnoordringl120823_vergunningen_VKT40_UM2lp_r380_noordring_ospS_walercompensatie_a3.mxd-- d.d. 10-09-2012	J. Verduijn	G. Volman
A4 - 1	Bemalingsplan Randstad380 kV Noordring-Noord kenmerk: 241001 Og-RAP-AL-WT-S.O d.d. 20-08-2012 TenneT Noordring Uitgangspunten en resultaten Opbarstberekeningen kenmerk: 241001 0-MEM-GEOT-003 d.d. 22-08-2012	J. Verduijn	G. Volman

Bijlage 01-4a

HHNK-WV lijn

Tracétekening
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk - Vijfhuizen

Randstad 380 kV

VKT 4.0 Noordring Beverwijk-Vijfhuizen

Randstad 380 kV VKT 4.0 Noordring Beverwijk-Vijfhuizen

Legenda

- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Station Beverwijk
- Station Vijfhuizen
- PKB Corridor

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	01-09-2010	Formaat	A0
Revisiedatum	10-08-2012	Schaal	1:11.000
Kenmerk	R380 10 0963	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120807_vergunningen_VKT40\p_r380_overz_vkt40_noord_a0s.mxd

0 250 500 750 1.000 meter

N

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

Bijlage 01-4b

HHNK-WV lijn

Tekening masten binnen beheergebied HH HNK

Randstad 380 kV HH HNK

Station Beverwijk

A9

Noordzeekanaal

1

2

3

4

5

6

Randstad 380 kV HH HNK

Legenda

- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB Corridor

Bestaande verbindingen

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

- Waterloop
- Watervlak
- Regionale kering

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	07-09-2010	Formaat	A3
Revisiedatum	24-08-2012	Schaal	1:8.000
Kenmerk	R380 10 0966	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noord_water_HH_HNK_a3s.mxd

0 100 200 300 400 m

N

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

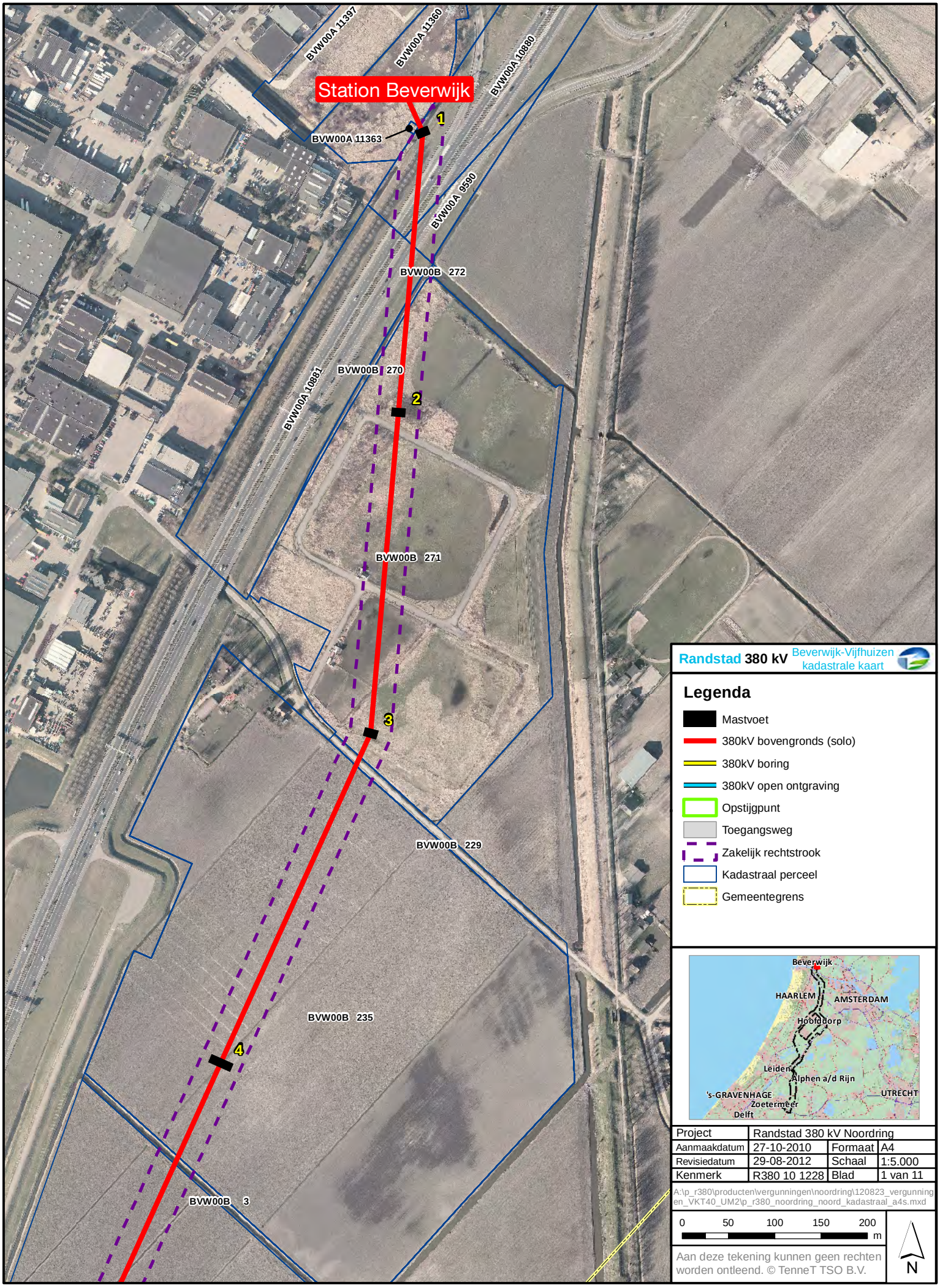
Bijlage 01-4c

HHNK-WVlijn

Kadastrale kaarten

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	1 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

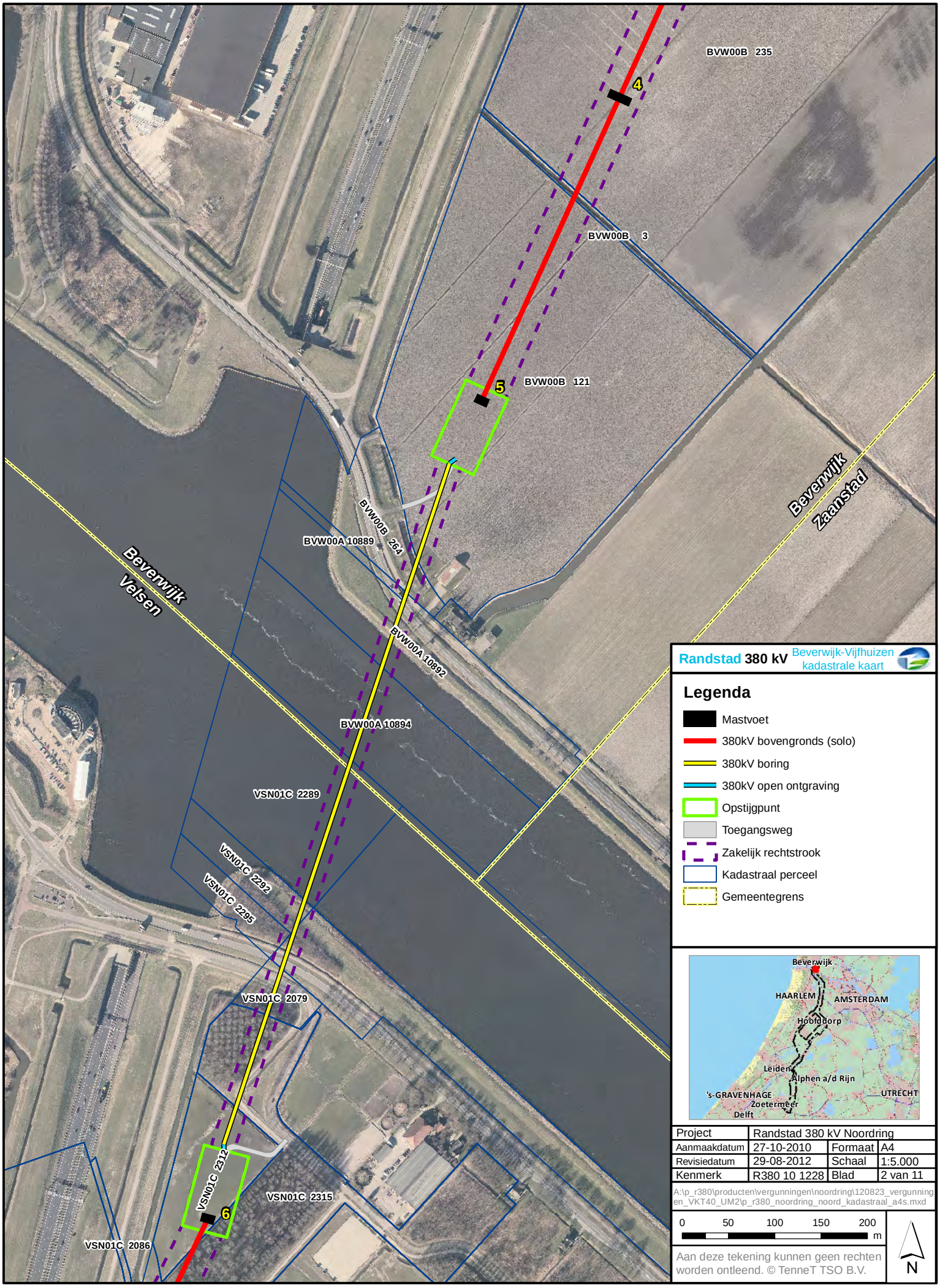
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	2 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

0 50 100 150 200 m

N

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

Bijlage 01-4d

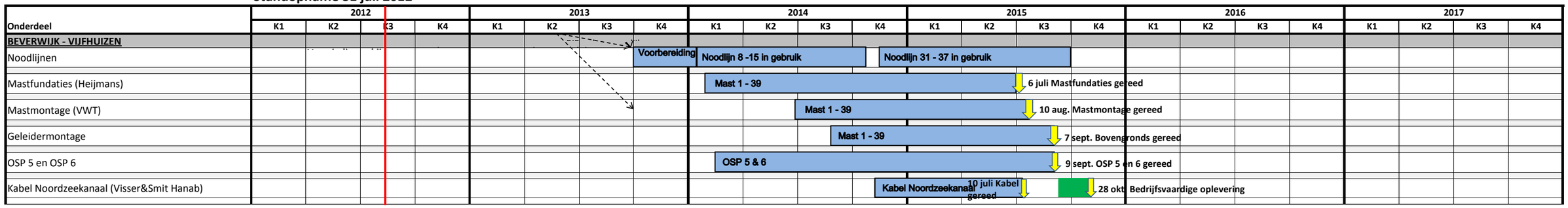
HHNK-WV lijn

Planning Randstad 380kV

Randstad380 Kabel voor de toekomst

Overall Planning Noordring
Standopname 31 juli 2012

TenneT Taking power further



Bijlage 01-4e

HHNK-WV lijn

Beïnvloedingsberekeningen
Randstad380:Noordring + oplegnotitie

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
T.a.v. dhr. J. Verdiepen
Afdeling Vergunningen en Handhaving
Postbus 130
1700 AG HEERHUGOWAARD

DATUM 4 september 2012
UW REFERENTIE
ONZE REFERENTIE 000.007.400039763
BEHANDELD DOOR **John Verduijn**
TELEFOON DIRECT 0263731703
E-MAIL **John.Verduijn@tennet.eu**

Geachte heer Verdiepen,

Om in de Randstad voldoende capaciteit te kunnen bieden voor elektriciteitstransport in de toekomst, realiseert TenneT een nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding. De hoogspanningsverbinding bestaat uit twee van elkaar te onderscheiden verbindingen, te weten de verbinding tussen Wateringen en Bleiswijk (Zoetermeer) (Randstad380 Zuidring) en de verbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk (Randstad380 Noordring), De verbinding zal deels bovengronds en deels ondergronds worden aangelegd en is geschikt voor hel transport van hoge vermogens.

Conform NEN-EN 50341-3 moet onder meer de beïnvloeding op nabijgelegen metalen buisleidingen en kabels worden gecontroleerd aan de hand van de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 2760. Deze richtlijn geeft de maximale afstanden waarbinnen rekening gehouden moet worden met mogelijk ontoelaatbare beïnvloeding. Deze afstanden zijn algemeen geldend voor alle typen hoogspanningsverbindingen en kunnen worden beschouwd als *worst* case afstanden. MotilMovares heeft in opdracht van TenneT een inventarisatie uitgevoerd van metalen buisleidingen en kabels in dit gebied. Ook heeft MottlMovares de beïnvloeding door de hierboven beschreven nieuwe 380kV-verbinding op al bestaande metalen buisleidingen en kabels op hoofdlijnen onderzocht.

Uit het door Mott-Movares uitgevoerde onderzoek is gebleken binnen het beïnvloedingsgebied van de nieuwe hoogspanningsverbinding metalen buisleidingen of kabels van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier aanwezig zijn.

De optredende beïnvloeding op deze buisleidingen of kabels is op basis van *worst* case aannames door MottlMovares beoordeeld. Uit deze beoordeling blijkt dat geen van de buisleidingen of kabels van het Hoogheemraadschap ontoelaatbaar kunnen worden beïnvloed door de nieuwe hoogspanningsverbindingen.

In de nabijheid van de nieuwe hoogspanningsverbinding zijn voorts nog enkele bovengrondse installaties (gemalen) van het Hoogheemraadschap aanwezig. Deze installaties bevinden zich allen buiten de ZRO-strook van de hoogspanningslijn en op grond van de afstanden tot de nieuwe verbinding en de afmetingen van deze installaties wordt ook bij deze installaties geen ontoelaatbare beïnvloeding verwacht.

Na de beoordeling van Molt I Movares zijn nog enkele eigenschappen van de nieuwe hoogspanningsverbinding aangepast. Deze wijzigingen betreffen in hoofdzaak het verhogen van masten en het verlagen van de transportcapaciteit van de hoogspanningslijn van maximaal 4000 A per circuit tot maximaal 3000 A per circuit. Deze aanpassingen hebben een gunstig effect voor de elektrische beïnvloeding van de hoogspanningsverbinding op de omgeving. Geconcludeerd wordt dat er uiteindelijk geen sprake zal zijn van ontoelaatbare beïnvloeding van de nieuwe hoogspanningsverbinding op installaties van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

John Verduijn
Lead engineer Randstad 380 Noordring

Mott | Movares

Beïnvloedingsberekeningen Randstad380: Noordring

Fase 1

TenneT TSO BV
Bram van Boxmeer

V.o.f. Mott Movares
Rianne Tichelaar

Utrecht, 1 april 2011
EN-RT-110008901 - Versie 0.3

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3
2 Aanpak en Uitgangspunten 4
2.1 Hoogfrequente beïnvloeding 4
2.1.1 Vraagstelling 4
2.1.2 Aanpak 4
2.2 Laagfrequente beïnvloeding 4
2.2.1 Uitgangspunten 5
2.2.2 Kabels en buisleidingen 5
2.2.3 Vangrails en hekwerken 6
3 Berekening en Analyse 7
3.1 Hoogfrequent 7
3.1.1 Analyse 7
3.1.2 Bronkant 7
3.1.2.1 Algemeen 7
3.1.2.2 Emissieniveaus TenneT 7
3.1.2.3 Het tracé 11
3.1.2.4 Potentiële slachtoffers 12
3.1.2.5 Compatibiliteit 14
3.2 Laagfrequent 19
3.2.1 Kabels en buisleidingen 19
3.2.2 Vangrails en hekwerken 21
3.2.3 Overige objecten 23
4 Conclusies en aanbevelingen 24
4.1 Hoogfrequent 24
4.2 Laagfrequent 25
5 Referenties 26
6 Bijlagen 27
Colofon 88

1 Inleiding

De landelijke netbeheerder TenneT is bezig het elektriciteitsnet in de Randstad uit te breiden met een 380kV-hoogspanningsverbinding. Het eerste deel daarvan, in Zuid-Holland, is onderweg en nu verschuift de focus van het project naar het volgende deel. Het gaat om een tracé met 175 hoogspanningsmasten dat grofweg loopt van Bleiswijk in Zuid-Holland tot aan Beverwijk in Noord-Holland.

De bebouwing in de Randstad is nogal dicht en de aanwezigheid van andere kabels, leidingen en objecten ter plaatse van het beoogde tracé is erg aannemelijk. Daarom is Mott|Movares gevraagd om uit te zoeken welke leidingeigenaren er allemaal zijn in dit gebied en welke beïnvloeding er te verwachten valt door de 380kV-hoogspanningsverbinding op de verschillende leidingen in de buurt. Als deze te verwachten beïnvloeding de norm overschrijdt dan dienen er maatregelen getroffen te worden om schade en ongelukken te voorkomen. Het project wordt in drie fasen uitgevoerd.

De eerste fase bestaat uit het in kaart brengen van de mogelijke slachtoffers die normoverschrijdend worden beïnvloed. In dit rapport is het onderzoek beschreven dat Mott|Movares in het kader van fase 1 heeft uitgevoerd naar de verwachte beïnvloeding op de verschillende leidingeigenaren ter hoogte van het nieuwe hoogspanningstracé. Hierbij is gekeken naar de kans en effecten van zowel hoog- als laagfrequente beïnvloeding en er is een aanbeveling gedaan over de kabels, leidingen en objecten die nader onderzoek behoeven in de volgende fase van het project.

2 Aanpak en Uitgangspunten

In dit hoofdstuk is de aanpak van het onderzoek beschreven en het is verdeeld over twee delen, te weten:

- de kans en effecten van hoogfrequente beïnvloeding
- de kans en effecten van laagfrequente beïnvloeding

2.1 Hoogfrequente beïnvloeding

Objecten onder (hoog)spanning kunnen afhankelijk van geometrie en spanning hoge elektrische velden genereren. In deze elektrische velden worden door processen op atomair niveau effecten opgewekt in een breed frequentiebereik (gloeiontladingen of corona genaamd). Laagfrequent (10Hz-16kHz) is er hoorbaar geluid, in een middenfrequentie gebied (10kHz - paar tientallen MHz) zijn er radiogolven en in een heel hoog frequentiebereik is er zichtbaar en ultraviolet licht (een paar 100 THz - PHz). Daarnaast zijn er ook nog ontladingen die door slecht mechanisch contact bij mechanische constructies (ophangpunten bij lijnisolatoren) kunnen ontstaan. Doch effecten hiervan zijn lokaal, kunnen door goed werkmanschap worden voorkomen en indien pas achteraf geconstateerd zo mogelijk te herstellen. Vonkvorming bestrijkt ten aanzien van radiogolven in het algemeen wel een breder frequentiegebied (ruwweg tot 1GHz).

2.1.1 Vraagstelling

Wat zijn mogelijke gevolgen van de geplande hoogspanningslijn op het gebied van de radiostoringen? In welk gebied kan ontoelaatbare beïnvloeding ontstaan?

2.1.2 Aanpak

Omdat de term “ontoelaatbaar” in de [projectspecificatie] niet verder is gedefinieerd (intuïtief voor laagfrequent wel te koppelen aan bijvoorbeeld aanraakspanningsnormen) nemen we hier aan dat voor de hoogfrequente beïnvloeding bij overlap van frequenties beïnvloeding mogelijk is en dat de combinatie van relevante signaalniveaus en eventuele modulatie (al of niet met fout correctie technieken) bepalen of die beïnvloeding waarschijnlijk of onwaarschijnlijk is. Bij waarschijnlijke beïnvloeding bepaald het karakter van de verstoring of dat die ontoelaatbaar of toelaatbaar wordt geacht. Voor ontoelaatbaar geldt dat alles wat doden of gewonden tot gevolg zou kunnen hebben als ontoelaatbaar wordt geacht. In deze zin wordt een kortdurende radioverstoring, die zou kunnen optreden als een ontvanger zich pal onder een hoogspanningsmast bevindt, niet als ontoelaatbaar beschouwd.

Om de vraag te kunnen beantwoorden moet worden gekeken naar enerzijds de bronkant; de corona op de lijn, wat is het vermogen dat in welk frequentiegebied wordt opgewekt en uitgestraald en anderzijds naar de slachtofferkant; welke systemen werken in het relevante frequentiegebied, wat is hun typische ontvangstsignaalniveau en waar bevinden zich deze systemen? Op basis van de combinatie van deze twee gegevens kan dan worden ingeschat of er compatibiliteit zal ontstaan of dat er mogelijk problemen kunnen ontstaan. In de volgende paragraven worden deze aspecten belicht. Zie voor de gehanteerde uitgangspunten en aannames Tabel 5 in de bijlagen.

2.2 Laagfrequente beïnvloeding

Voor de bepaling van de LF-beïnvloeding naar de omgeving nabij het hoogspanningstracé Randstad380 Noordring is gekeken naar de 50Hz-inkoppeling op kabels, buisleidingen, vangrail en andere objecten die parallel lopen met het tracé van de hoogspanningslijn. Op

deze objecten kunnen 50Hz-spanningen worden geïnduceerd. Deze spanningen zijn bepaald met het simulatieprogramma SimspoG.

2.2.1 Uitgangspunten

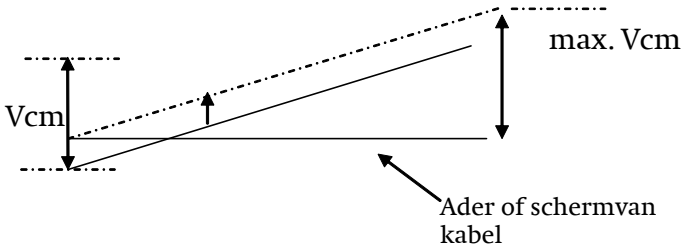
- De soortelijke weerstand van de bodem bedraagt 200 Ω.m;
- Het toegepaste simulatiemodel is SimspoG;
- Dit model is (voor 2-fasesystemen) gevalideerd aan de hand van ondermeer de metingen op de Betuweroute en de HSL-Zuid. Dit model, gebaseerd op Carson en Pollaczek, berekent de stroomverdeling tussen de diverse geleiders van de systemen en de bodem en de spanningen op en tussen die geleiders;
- De modelsectielengte bedraagt respectievelijk 200 m (kabels) en 20 m (vangrail);
- Spanningen op buisleiding worden beoordeeld conform NPR2760;
- Spanningen op hekwerken en vangrails worden beoordeeld conform NEN1041;
- Alleen 1-fase kortsluitberekeningen zijn uitgevoerd aangezien deze de *worst case* beïnvloeding oplevert en daarmee reeds in kaart brengt welke systemen/objecten hinder zouden kunnen ondervinden en welke worden meegenomen naar fase 2 van dit project;
- De 1-fase kortsluitstroom bedraagt 50 kA (*worst case* uitgangspunt);

Zie voor de overige uitgangspunten het uitgangspuntendocument ([UP]).

2.2.2 Kabels en buisleidingen

Om de *worst case* spanning[1] op kabels en buisleidingen te berekenen is in de modellering een geleider toegepast die een bepaald object in de nabijheid van het tracé representeert. Om de *worst case* spanning – dat wil zeggen de maximale spanning die zou kunnen voorkomen – te verkrijgen, is deze geleider aan één zijde geaard. Indien deze geleider een kabel met aan weerszijden een systeem zou representeren en zwevend zou zijn uitgevoerd, dan zal van de totale spanningsval over deze kabel, bij een symmetrische situatie, de helft op de uiteinden komen te staan. Echter, aangezien niet duidelijk is wat voor soort apparatuur verbonden is met deze kabels of leidingen (ten aanzien van het impedantiegedrag) zal niet de helft op de uiteinden komen te staan, maar maximaal de volle spanning. Zie onderstaande figuur voor een schematische weergave.

Figuur 2.1: Capacitieve verdeling spanning over ader of scherm



Voor een buisleiding die goed is geïsoleerd ten opzichte van de omgeving geldt dezelfde redenering. Indien deze isolatie minder goed is, dan zal in de praktijk de spanning op de uiteinden lager zijn. In de modellering is derhalve een geleider toegepast die aan één zijde is geaard om de maximale spanning zoals in de figuur is weergegeven te verkrijgen (de spanning Vcm behorende tot de stippellijn).

Om bij deze configuratie de maximum spanningen te verkrijgen, is de kortsluitpositie gevarieerd (de positie van de kortsluiting is verschoven langs het gehele tracé). De

[1] In fase 1 zijn er geen gegevens bekend van kabels, leidingen etc. in de nabijheid van de hoogspanningslijn. Details worden in fase 2 vastgelegd. Vandaar dat in fase 1 *worst case* spanningen zijn bepaald.

eenzijdig geaarde geleider is voor iedere kortsluitpositie op verschillende posities in het model gezet, zowel op verschillende afstand tot de hoogspanningsverbinding als op een verschillende positie langs het tracé, waarbij de geïnduceerde spanning is berekend.
In de modellering is uitgegaan van een geleider van 1 km (tussen het aardpunt en de positie van de kortsluiting). Bij een object langer dan een kilometer kan de spanning eenvoudig worden gecorrigeerd. Deze neemt immers rechtevenredig toe bij toenemende objectlengte.

2.2.3 Vangrails en hekwerken

Voor de bepaling van de maximale spanning op een vangrail of hekwerk geldt min of meer dezelfde redenering als hierboven. Gerekend is met een vangrail van 1 km die om de 2 meter met 100 Ohm is geaard (overeenkomstig met de afleidweerstand van een stalen staander of een kleine poer).

3 Berekening en Analyse

Dit hoofdstuk beschrijft de berekening en analyse gebruikmakend van de aanpak zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

3.1 Hoogfrequent

3.1.1 Analyse

De analyse wordt gesplitst in 3 stappen: de bronkant, de potentiële slachtoffers en de compatibiliteit of niet-compatibiliteit daarmee, die in afzonderlijke paragraven worden gepresenteerd.

3.1.2 Bronkant

3.1.2.1 Algemeen

Eerst een aantal algemene opmerkingen.In de praktijk is eventuele interferentie op communicatiesystemen geconstateerd, met name bij systemen met AM-modulatie. De radiostoring door corona is van het weer afhankelijk; bij droog weer is het niveau het laagst, bij regenachtig weer neemt het emissieniveau ongeveer 20dB toe. In de praktijk wordt voor corona een frequentiegebied van 10kHz tot ongeveer 10MHz aangehouden. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd door metingen zoals beschreven in [PTE], waar een scherpe daling vanaf 6MHz is geconstateerd bij een 500kV-lijn. In [CISPR18] wordt het gebied van 150kHz tot 300MHz in beschouwing genomen, waarbij nog onderscheid wordt gemaakt in het gebied van 150kHz tot 10MHz en 10MHz -300MHz. Voor frequenties boven ruwweg 300MHz kan worden gesteld dat de emissie van radiogolven zodanig is afgenomen dat daar geen interferenties worden verwacht en ook vanuit de praktijk niet bekend zijn. Voor het gebied 10MHz - 300MHz zijn de mechanismen nog niet volledig doorgrond.

Voor vonkvorming (niet-gloeiontladingen) loopt het spectrum wel verder door, ruwweg tot 1GHz. Doch effecten hiervan zijn lokaal, kunnen door goed werkmanschap worden voorkomen en indien pas achteraf geconstateerd of ontstaan zo mogelijk te herstellen tijdens lijnonderhoud. Afhankelijk van de afstand tussen een potentieel slachtoffer en een mogelijke vonklocatie (bijvoorbeeld bij een draadophangpunt of een vervuilde isolator) kunnen door niet-lineaire effecten in een ontvanger tijdelijke verstoringen optreden. Dit speelt met name bij heel gevoelige systemen. Dit effect is vergelijkbaar met in het donker kijken naar een zwak lichtverschijnsel en dan door een zoeklicht tijdelijk worden verblind. Aangezien een dergelijk fenomeen van diverse aspecten afhangt (gevoeligheid, bandbreedte, afstand, stoorniveau tijdens de vonk) is daar in zijn algemeenheid niets van te zeggen. Waarschijnlijk speelt het alleen als een dergelijke ontvanger zich heel dicht bij de lijn bevindt en dat is niet zo waarschijnlijk, maar we kunnen dit niet 100% uitsluiten.

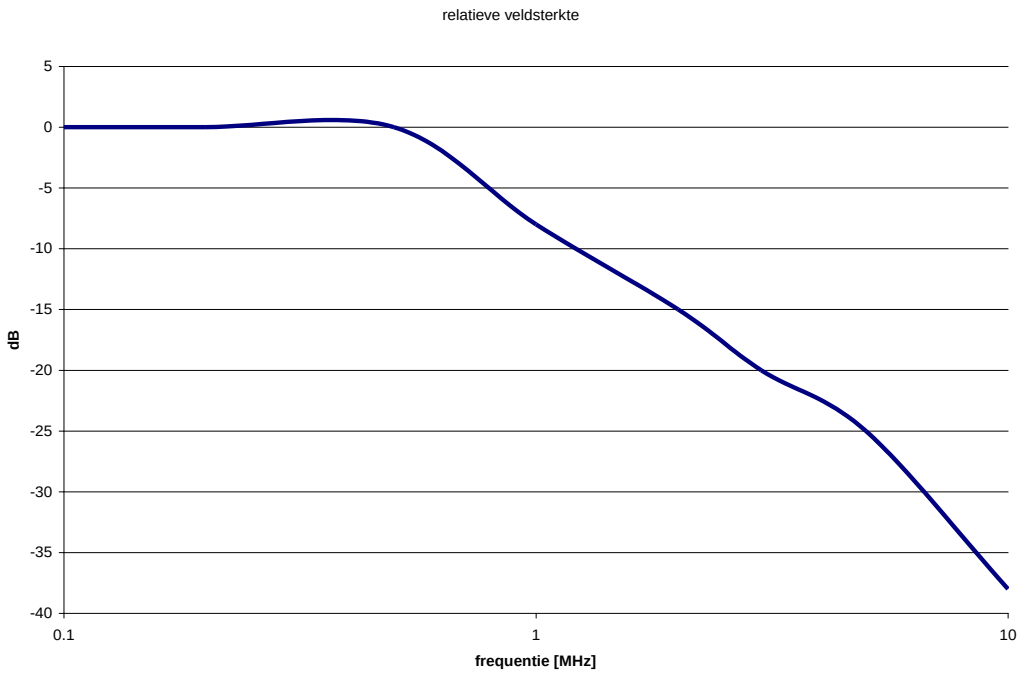
3.1.2.2 Emissieniveaus TenneT

Voor het emissieniveau van de 380kV-lijn is door TenneT geëist dat de emissie voldoet aan:
bij 0,5MHz, 6dB onder de curven in figuur B8 (lateraal omhullende) van [CISPR18]
in de band van 1-100MHz, minstens 10dB onder de curve van figuur B8 van [CISPR18]

Dit niveau is te meten op een referentieniveau van 2m boven de grond. Figuur B8 is van toepassing voor een horizontale geleiderconfiguratie, waarvan de minimale afstand 12m bedraagt en de gemiddelde afstand 16m, tussen geleider en de grond .
Aangezien het gebruikte mastbeeld verticaal is (behalve bij Schiphol) is de [CISPR18] curve niet zonder meer één op één te gebruiken. Voor de Schiphol-portalen lijkt de configuratie in

de CISPR berekening wel te passen. Verderop wordt een inschatting gegeven m.b.t. de verticale mast en emissieniveaus.
T.a.v. de invloed van de frequentie is in onderstaande grafiek weergegeven hoe de relatieve veldsterkte verloopt als functie van de frequentie. Deze curve geeft aan dat emissie met name is te verwachten in het frequentie gebied tot ongeveer 1MHz, daarboven neemt de emissie sterk af (40dB per decade).

Figuur 3.1: relatieve emissie als functie van de frequentie

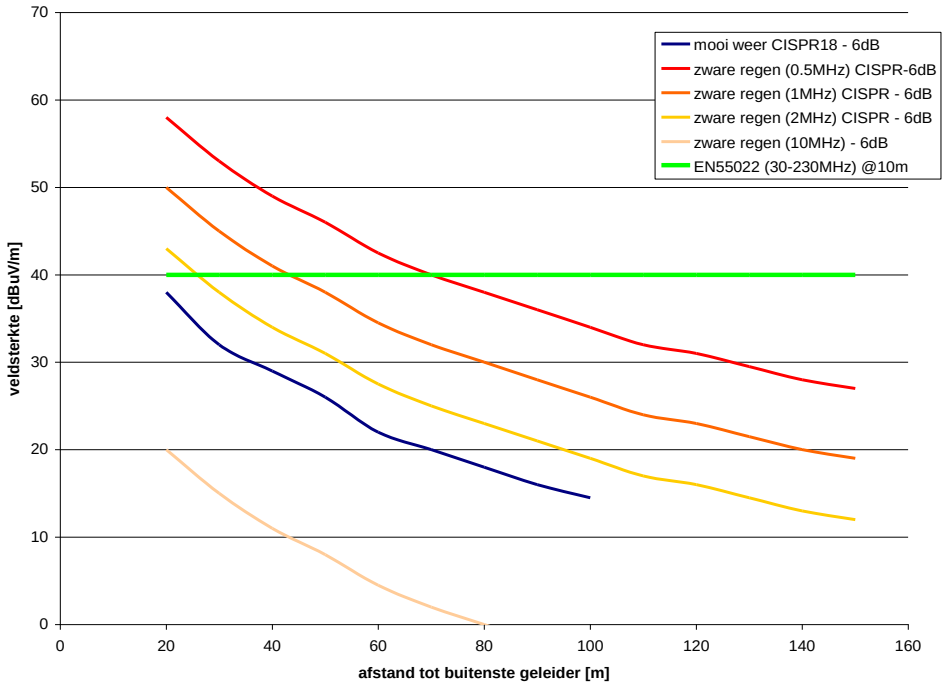


Bij metingen onder een 380kV-lijn in Saudi-Arabië, beschreven in [SA], zijn (voor droog weer) de waarden gevonden in de orde 40dBµV/m in het gebied tot 2MHz en dan afnemend tot 30dBµV/m bij 5MHz en tot 25dBµV/m bij 30MHz. Dit is een langzamere afname (orde 20dB per decade) dan in bovenstaande figuur op basis van [CISPR18]. Echter de meetopstandigheden zijn niet duidelijk omschreven in die publicatie en het gemeten resultaat is mogelijk ook een combinatie van corona en vonkvorming (in de woestijn vangen isolatoren meer vervuiling/zand en kunnen daardoor tot meer vonkvorming bijdragen). Desondanks blijft als trend duidelijk dat voor hogere frequenties de emissieniveaus sterk afnemen en dat onderbouwt ook de stelling van [CISPR18] dat boven 300MHz geen problemen te verwachten zijn.

Een 2^{e} grafiek geeft het verloop van de (absolute waarde van de) veldsterkte als functie van de horizontale afstand (voor de referentie frequentie van 0,5MHz). Voor de veldsterkte-afname voor hogere frequenties is voor de zware-regenlijn een aantal curven toegevoegd, gebaseerd op de frequentieafhankelijkheid zoals getoond in Figuur 3.1. Daarnaast is ter illustratie een emissielimiet toegevoegd uit [EN55022] die geldt voor computer- en telecomapparatuur opdat deze geen storingen veroorzaken op radio- en tv-signalen.

NB de weergegeven curven bevatten de getallen van [CISPR18], figuur B8 voor de horizontale geleiderconfiguratie, maar dan met de 6dB correctie zoals aangegeven door TenneT (uitgangspunt 1).

Figuur 3.2: veldsterkte als functie van de afstand

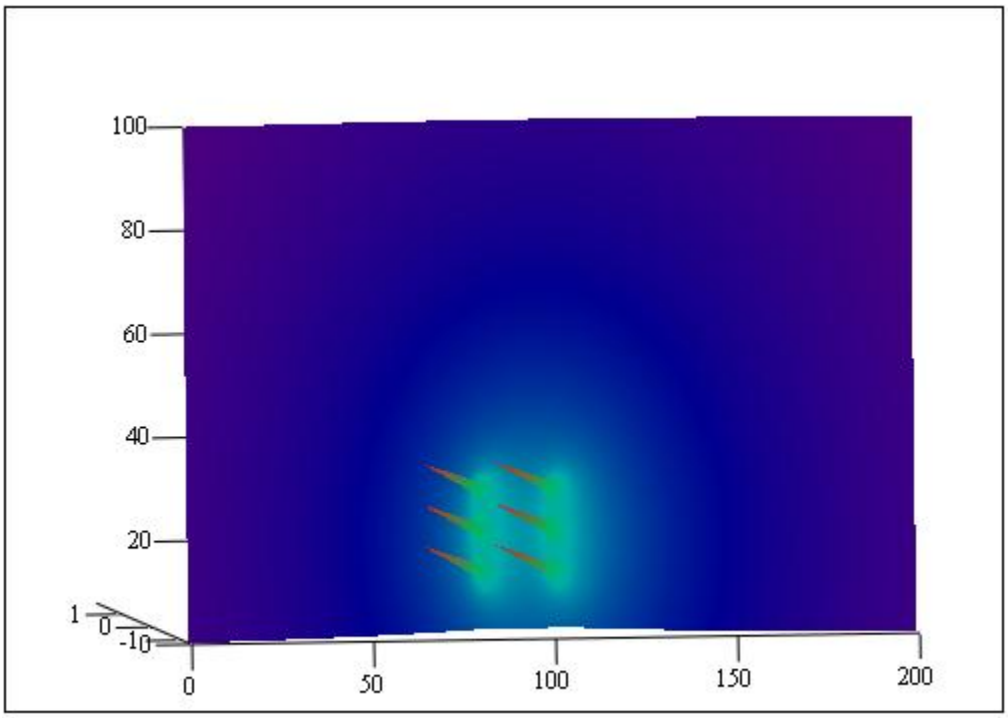


Hieruit valt op te maken dat voor frequenties boven de 10MHz het emissieniveau al ruim onder de 40dBµV/m valt, hetgeen volgens [EN55022] wordt toegepast (en dan gemeten op 10m afstand van apparatuur in een gebied van 30MHz – 230MHz). De algemene tendens is een afname die ongeveer omgekeerd evenredig is met de afstand. Voor afstanden in het zogenaamde verre veld (d.w.z. voor een systeem met masten, waarvan de typische afmetingen liggen in de orde van 10-30m voor frequenties boven 10MHz) hangt dit fysisch samen met vermindering van de energie per oppervlakte-eenheid bij een grotere straal, waarbij de energie dan evenredig is met $1/r^2$ en de daarbij behorende veldsterkte 1/r.
T.a.v. de statistiek van weersinvloeden kan nog worden opgemerkt dat de zware-regencurve in een tijdsdistributie volgens [CISPR18] overeenkomt met een 95%-niveau. Dit wil zeggen dat over een langere periode in 95% van de tijd de emissieniveaus lager zullen zijn dan deze curve. De maxima (die dan in 99.5% van de tijd niet zullen worden overschreden) liggen nog ongeveer 5-8dB hoger.

Bovenstaande figuur geeft aan dat de hogere emissiewaarden vooral in de zakelijk-rechtstrook zullen optreden (±22m van het hart van de lijn) en dan bij de lagere frequenties (0,5MHz). Let wel, de bovenstaande curven zijn gebaseerd op een horizontaal mastbeeld en de afstand geldt vanaf de buitenste geleider in die configuratie. Op basis van figuur 10 in [CISPR18] wordt verwacht dat een verticale ophanging van de geleiders niet zoveel impact heeft op het maximum van de emissie omdat de 2^e fase alweer 8m en de derde fase 16m hoger hangt dan de 1^e fase. Wel kan de hoogte (van de onderste geleider) nog enige invloed hebben, dat blijkt ook uit vergelijken van figuren B6 (bijna verticaal, minimum 18m, 345kV) met B7 (horizontaal, minimum 10m, 362kV). Strikt genomen niet helemaal te vergelijken omdat alle 3 parameters veranderen, doch de emissie in de mooi-weersituatie is ruim 20dB lager in het geval van de hogere, verticale ophanging, terwijl de spanning maar weinig lager is.
Voor de Randstad380-lijn wordt de minimum geleiderhoogte geschat op 11m (op basis van het laagste ophangpunt van 23m). Dat geeft voor de verticale Randstad380-mast derhalve geen ruimte voor reductie t.o.v. de in de [CISPR18] B8 grafiek gebruikte minimum hoogte van 12m.

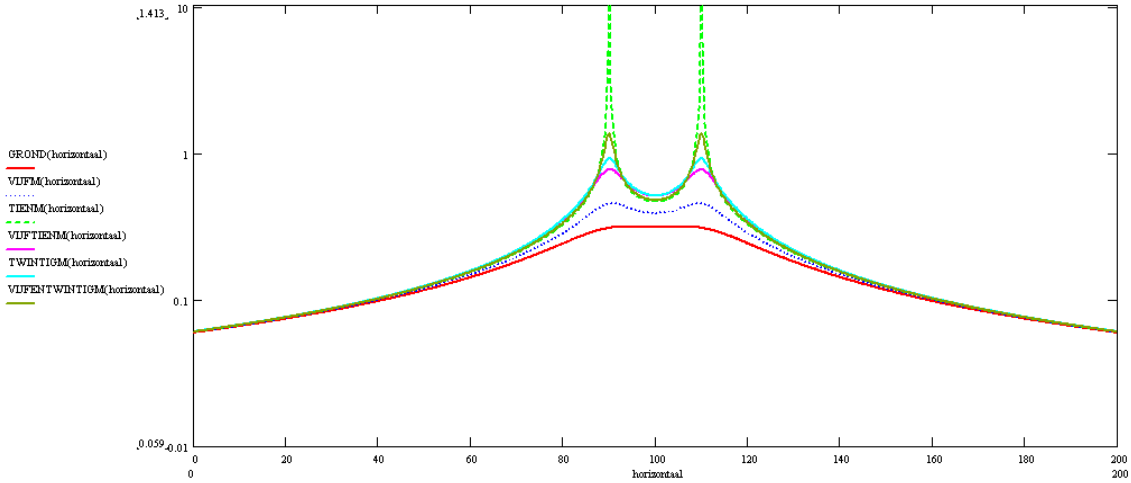
T.a.v. de impact van het verticale mastbeeld wordt de volgende beschouwing gegeven. De relatieve intensiteit van de veldsterkte ten gevolge van corona op de lijnen kan worden bepaald door aan te nemen dat de fasen van de signalen afkomstig van de 3 lijnen per mast (of 6 lijnen per 2 masten bij een dubbel circuit) gelijk zijn en dat de bijdragen derhalve lineair opgeteld kunnen worden in het punt van beschouwing.
Een dwarsdoorsnede met als 3e dimensie de intensiteit geeft een indruk van waar de 6 draden (van de 2 masten) zich bevinden. Rood betekent een hoge intensiteit en blauw een lage intensiteit.

Figuur 3.3: intensiteit, dwarsdoorsnede



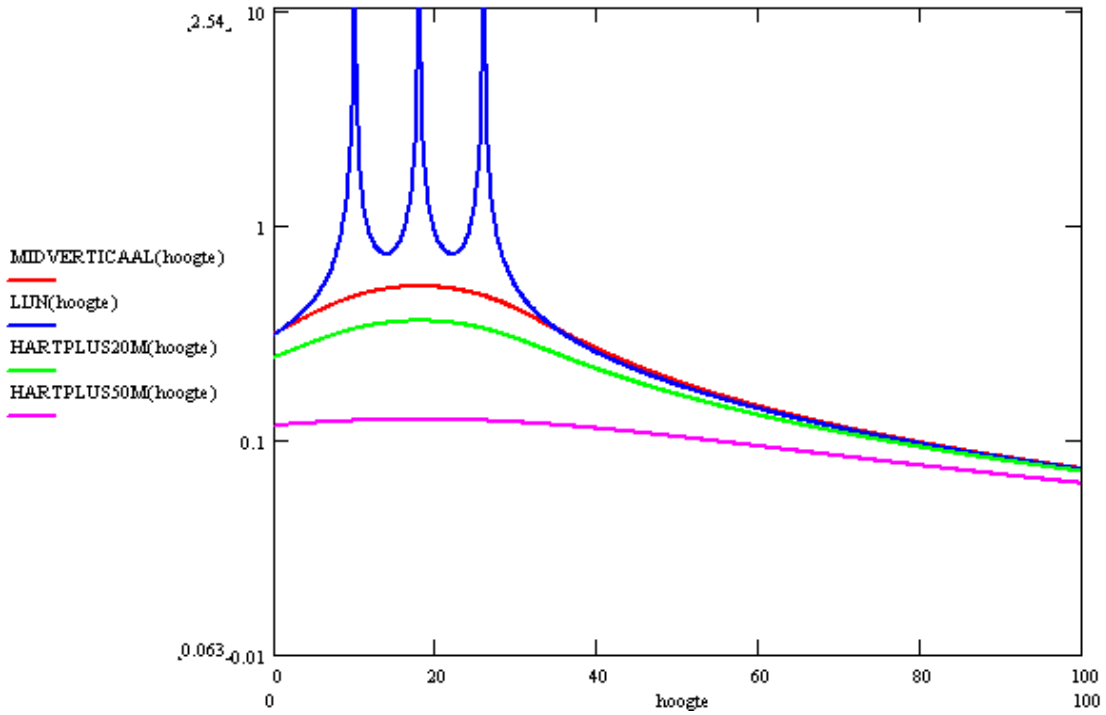
Een meer kwantitatieve indruk kan worden verkregen door een horizontale of een verticale doorsnede te geven met de intensiteit als variabele en bepaalde hoogte of horizontale posities als 2e parameter. Voor beide zijn in de volgende grafieken een aantal curven gegeven (uitgedrukt in een dimensieloze factor van de intensiteit).

Figuur 3.4: relatieve intensiteit horizontale doorsnede, met hoogte als parameter



Deze horizontale doorsneden komen qua vorm overeen met de curven uit [CISPR18], zij het dat hier maar twee maxima zijn (de horizontale masten in [CISPR18] kennen 3 draden en die resulteren in drie maxima).

Figuur 3.5: relatieve intensiteit verticale doorsnede, met horizontale afstand als parameter



In de verticale doorsnede “door de lijn” zijn duidelijk de 3 maxima te herkennen die overeenkomen met de hoogten van de 3 draden van één mast. In het midden van de twee masten en buiten de masten is het profiel meer geleidelijk. Wat blijkt uit vergelijken van de horizontale en verticale doorsneden is dat op een hoogte van 80m de intensiteit is afgenomen tot een waarde zoals die optreedt op ongeveer 40m afstand van hart mast (min of meer onafhankelijk van de hoogte).

Bovenstaande beschouwingen leiden tot de stelling dat, mits de lijn inderdaad voldoet aan de gestelde emissie-eisen, het niveau dichtbij de lijn in de orde van 40-60dBµV/m zal liggen voor 0,5MHz en vanaf 2MHz onder de 40dBµV/m zal blijven. Dichtbij betekent hier binnen 20-40m vanaf de draden in zowel horizontale als verticale richting.

3.1.2.3 Het tracé

Het tracé van deze lijn loopt van Bleiswijk naar Beverwijk en volgt ruwweg de route west van Moerkappelle, Hazerswoude, Leiderdorp, knikt dan haaks richting Kaag, langs Nieuw Vennep, om de Haarlemmermeer heen, dan ten westen van de Schiphol Polderbaan naar Spaarnwoude, een stukje (op afstand) parallel aan het Noordzeekanaal en ten slotte kruist dan met een haakse bocht het Noordzeekanaal (ter hoogte van de Wijkertunnel). Over dit traject zijn de volgende kenmerkende zaken in de bestaande omgeving aanwezig:

- Parallelloop met spoorlijnen,
- Parallelloop met snelwegen
- Passeren van Schiphol, met name de Polderbaan
- Landbouwgebied en kassenbouw
- Kruisingen/passeren van woongebieden
- Kruisingen van waterwegen

I.v.m. de diverse kruisingen is niet uit te sluiten dat de zakelijk-rechtstrook objecten bestrijkt uit de bovengenoemde kenmerkenlijst.

Op basis van een [lijnprojectie] op een Google Earth kaart is gekeken waar de lijn mogelijke objecten dichtbij kruist of passeert. Dichtbij betekent hier orde tientallen meters. De lijst met objecten waarbij de HS-lijn dichtbij kruist of passeert is weergegeven in Tabel 6. Tevens is het nationaal antenne register geraadpleegd ten aanzien van geregistreerde amateurzenders die in nabijheid van de lijn hun zendmasten hebben opgesteld. Dit speelt mogelijk een rol bij de typische frequenties die bij corona optreden (enkele tientallen kHz – 10MHz). Een bandbreedte van een paar honderd meter rondom de lijn is aangehouden voor deze eerste selectie van zendamateurs. De volgende objecten zijn geïdentificeerd als uitkomst van deze exercitie.

3.1.2.4 Potentiële slachtoffers

De volgende systemen zijn specifiek aangegeven als te beschouwen systemen in de [project specificatie]:

- GPS (satelliet navigatie systemen)
- C2000 (politie, brandweer, ambulances)
- Vliegtuig radar (Schiphol omgeving)

En verder worden behandeld systemen waarvan op basis van algemeen inzicht en de loop van het tracé verwacht wordt dat deze zich in de nabijheid van de lijn zouden kunnen bevinden:

- Luchtverkeersleiding Schiphol communicatie
- GSM mobiele telefonie
- UMTS mobiele telefonie
- Radarsystemen van politie (snelheidscontrole)
- Detectielussen in wegen (filewaarschuwingssysteem)
- Elektronica in voertuigen
- Marifonie, gebruikt door beroeps- en pleziervaart op waterwegen
- Radio-ontvangst (in auto's en gebouwen, niet via glasvezel of andere kabelsystemen)
- Televisieontvangst (in gebouwen, niet via glasvezel of andere kabelsystemen)

NB Het is mogelijk dat er op bepaalde locaties ook militaire of veiligheidsdiensten in de buurt van de lijn zend- & ontvangst- of andere type installaties hanteren die gebruik maken van de frequenties in de middengolf- of korte golfbanden. Verdere details zijn niet bekend. De verwachting is dat beïnvloeding mee zal vallen, maar zonder verdere details kan dat niet 100% worden bevestigd. Van de bovengenoemde systemen worden relevante kenmerken voor de beschouwing in dit rapport in Tabel 7 in de bijlagen weergegeven.

Er is geen harde richtlijn gevonden voor een minimum signaalniveau (in dBµV/m) dat nodig is om communicatie te realiseren. Doch auteur stelt in het algemeen dat typische veldsterkten voor te ontvangen signalen in de orde van 10-100dBµV/m zullen moeten liggen, op basis van (fysische) beperkingen zoals achtergrondruis, thermische ruis in ontvangers. Voor oproepsystemen (pagers) geldt dat deze over het algemeen het meest gevoelig zijn, typische waarden voor gevoeligheid zijn 8-10dBµV/m. Echter de frequentie van deze pager systemen ligt in het algemeen niet in het gebied waar de maxima ten gevolge van corona liggen.

Een paar voorbeelden waar wel getallen genoemd worden voor minimum veldsterkten benodigd voor ontvangst zijn de volgende:

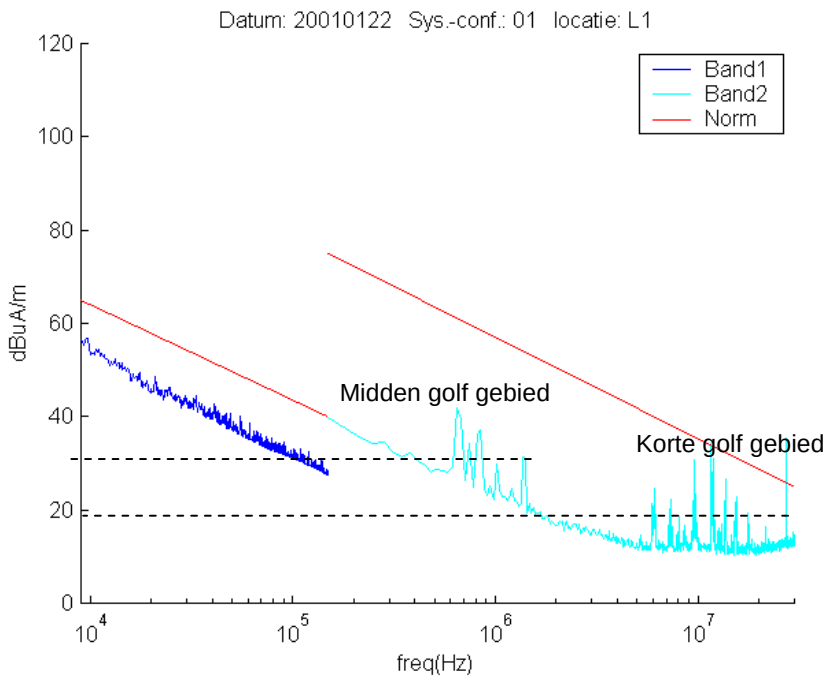
- Voor landmobiele frequentiebanden geeft [SCRT] voor frequenties tot 50MHz een minimum veldsterkte van 68dBµV/m;

- [ITU] geeft voor tv-signalen in de 40MHz band een signaalniveau bij de ontvanger van 46dBµV/m (gemeten op 10m hoogte);
- In de USA geven FCC-regels aan dat 40-60dBµV/m nodig is voor minimale (type NTSC) tv-ontvangst;
- Voor digitale televisie wordt een minimum van 28dBµV/m aangehouden voor het definiëren van ontvangstgebieden.

T.a.v. modulatie technieken geldt dat de lagere frequenties over het algemeen nog de oudere technieken betreffen, waarbij dan ook eenvoudige modulatie technieken (zoals Amplitude Modulatie, AM) in gebruik zijn. Voor AM geldt dat deze techniek wel gevoelig is voor ontladingen, d.w.z. dat bij vonkvorming communicatie kortdurend verstoord kan worden en bij corona een langdurigere verstoring aanwezig kan zijn, hetgeen meer hinderlijk zal zijn naarmate het corona emissieniveau hoger wordt.
Bij modernere systemen die nog wel gebruik maken van de lage frequenties zullen wel vaak meer resistente (digitale) modulatietechnieken (vaak ook met foutcorrectie) worden gebruikt.

Tabel 8 in de bijlagen toont de toepassingen in het frequentie gebied van 150kHz – 10MHz die zijn gevonden in het nationaal frequentieregister. Een groot deel van de toepassingen in Tabel 8 is voor maritiem/scheepvaart. We kunnen niet zonder meer uitsluiten dat die frequenties niet worden gebruikt daar waar de lijn een waterweg kruist of in geval van andere systemen een kruising of nabije passage over land. Ook voor de bovenstaande communicatie systemen zal in het algemeen gelden dat de ontvangstveldsterkte in de orde 10-100dBµV/m zal moeten liggen om te kunnen functioneren.
De meeste vaarwegen die gekruist worden zullen voornamelijk door pleziervaart worden gebruikt. Aangenomen is dat bij het Noordzeekanaal, waar wel veel beroepsvaart gebruik van maakt, een duiker of zinker wordt toegepast.

Figuur 3.6: meting veldsterkte locatie Maasvlakte



Ten aanzien van typische signalen in het middengolfgebied (rond 1MHz), waar omroepzenders (en ontvangers) gebruik van maken, en het korte golfgebied (rond 10MHz),

waar naast omroep ook radioamateurs gebruik van maken, wordt onderstaande figuur ter illustratie gepresenteerd. Deze is afkomstig van metingen op de [Maasvlakte], verricht in het kader van de verificatie van de Havenspoorlijn 25kV-tractie-emissie.

De hoogte van de radiosignalen ligt in de orde van 30dBµA/m (@1MHz) respectievelijk 18dBµA/m (@10MHz). Hier is de eenheid [A/m] gebruikt omdat normaal gesproken voor deze frequenties [A/m] wordt gebruikt en niet [V/m] zoals in CISPR is toegepast. Doch conversie is mogelijk omdat voor radiogolven geldt dat $E = H/Z_0$ (waarbij Z_0 de golf impedantie is). De conversie is dBµV/m = dBµA/m + 51.1. De boven aangegeven waarden worden daarmee 81dBµV/m (@1MHz) respectievelijk 69dBµV/m (@10MHz).

Het oplopen van de curven aan de linker kant heeft te maken met de gekozen meetbandbreedte. De sprong tussen band 1 en band 2 ook. Indien smalbandiger gemeten wordt zal dat niveau zakken, doch smalbandig meten vergt weer een langere meettijd. Om vergelijkingen tussen diverse metingen mogelijk te maken zijn de meetbandbreedten gestandaardiseerd. De gebruikte meetbandbreedte heeft impact op de hoogte van het meetresultaat, doch als de bandbreedte klein is t.o.v. de bandbreedte van de betreffende zender dan wordt goed gemeten. De ruisniveau's zichtbaar tussen die "zendpieken" kunnen niet worden geconverteerd omdat daar die randvoorwaarde niet opgaat.

De gevonden waarden 60-80dBµV/m zijn typische waarden die ook elders te verwachten zijn (tenzij de meetlocatie zich dichtbij de betreffende zenders bevindt). Deze waarden bevestigen ook de verwachte minimum benodigde veldsterkten voor communicatiedoeleinden. Deze orde van grootte kan worden gebruikt voor een beoordeling of bij overlap van frequentie-emissie waardoor een hoogspanningslijn mogelijk kan interfereren met een communicatie systeem, zonder alle specifieke details van het communicatiesysteem te hoeven kennen.

3.1.2.5 Compatibiliteit

Ten aanzien van compatibiliteit is in uitgangpunt 1.4 van [UP] gesteld dat apparatuur gebruikt in eventuele woon- of bedrijfsgebouwen in de nabijheid van de lijn voldoet aan eisen voor huishoudelijke apparatuur. Dit betekent dat voor radiofrequenties van 80MHz-1GHz een immuniteitsniveau van 3V/m (=130dBµV/m) geldt en voor via kabels ingekoppelde verstoringen tussen 150kHz en 80MHz een niveau van 3V geldt (zogenaamde conducted immunity).

Voor de radiostoring (80MHz-1GHz) is duidelijk dat deze niet door corona geproduceerd zal worden; zelfs niet tot op enkele meters afstand van de draden. Voor dit deel van de EMC-normen kan worden gesteld dat geen EMC-problemen te verwachten zijn.
Voor de via kabels ingekoppelde verstoringen geldt dat het niveau van 3V niet zonder meer te koppelen is aan een veldsterkte niveau (in V/m uitgedrukt). Hierdoor kan voor die frequenties (150kHz-80MHz) geen "harde" conclusie worden getrokken dat als iets aan de EMC-norm voldoet dat het dan niet door corona van een lijn verstoord kan worden. Wel kan worden gesteld dat de lengte van kabels gekoppeld aan eventuele elektronische systemen in woonhuizen en bedrijfsgebouwen in het algemeen beperkt zal zijn in lengte (typische afmetingen voor gebouwen, zullen liggen in de orde 10-100m). Hierdoor is koppeling naar deze kabels toe beperkt, ook als deze zich dichtbij een lijn bevinden. Het is daarmee niet te bewijzen, maar wel aannemelijk dat hierdoor geen EMC-problemen zullen ontstaan.

Een categorie die niet door EMC normen is afgedekt zijn systemen die gebruik maken van radiogolven. Voor radiosystemen zal in het algemeen geen immuniteitsniveau van 3V/m worden gehaald, omdat die systemen gebruik maken van radiogolven (en dus juist zwakkere

signalen gebruiken). Daarnaast kan het zo zijn dat radiosystemen frequenties benutten die buiten de EMC-normen vallen, maar wel door corona geproduceerd worden. Voor die systemen is op basis van alleen normering geen uitspraak te doen.
Voor een compatibiliteitsinschatting van deze systemen die gebruik maken van radiogolven wordt de verwachte emissie van de lijn, conform Figuur 3.2, tegen de eigenschappen uit Tabel 7 gelegd.

Een eerste beoordeling van frequentiebereik concludeert dat voor frequenties ver boven 300MHz geen beïnvloeding door corona zal plaatsvinden, gebaseerd op de lage emissie in combinatie met praktijkervaring. Als tweede argument voor de beoordeling gelden de signaalniveaus. Als de signaalniveaus van het potentiële slachtoffersysteem ver boven de emissie van de lijn ligt (en wel op de dichtstbij mogelijke locatie van dat slachtoffer) dan zal beïnvloeding ook onwaarschijnlijk zijn. Als derde wordt nog gekeken naar de modulatie. Als het verwachte emissieniveau in de buurt ligt van signaalniveau van het systeem en het systeem is gebaseerd op analoge modulatie (zoals AM, SSB) dan is beïnvloeding niet uit te sluiten. Voor moderne modulatietechnieken (QPSK en soortgelijke) geldt dat deze technieken niet gevoelig zijn voor de burst-achtige verstoring t.g.v. de coronaontlading en dat derhalve beïnvloeding niet verwacht wordt.

De resultaten van bovenstaande afwegingen staan in onderstaande tabel, waarbij de nummering van de systemen gelijk is gehouden aan Tabel 7. Als algemene opmerking kan hier nog worden toegevoegd dat storingen door het statistische breedbandige karakter van corona met name invloed heeft op communicatiesystemen met AM-modulatie. FM-radio bijvoorbeeld heeft weinig last van corona.

Tabel 1: compatibiliteit-beschouwing

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Overall
1	GPS	Ruime scheiding			Compatibel
2	C2000	Ruime scheiding			Compatibel
3	radar	Ruime scheiding			Compatibel
4A	Luchtverkeersleiding communicatie	Ruime scheiding		Deels AM modulatie	Compatibel voor FM. Voor AM systemen is beïnvloeding door vonkvorming niet uit te sluiten. Het gaat dan om kortstondige verstoring (waarschijnlijk als een kraak geluid hoorbaar). Zie NB 5.
4B	Portofoon verkeer Schiphol Airport (niet vliegtuig of navigatie)	Ruime scheiding			Compatibel
4C	Overigen (technische diensten, services, hotels)	Ruime scheiding			Compatibel
4D/E/F	Luchtvaartfrequenties	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 1	Waarschijnlijk AM	Voor ontvangers die zich onder of heel dichtbij de bundels bevinden is beïnvloeding niet uit te

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Overall
					sluiten. Zie NB 5.
5	GSM (GSM-R gebruikt binnen de spoorwegen, zit in ranges 876-880MHz en 921-925MHz)	Ruime scheiding			Compatibel
6	UMTS	Ruime scheiding			Compatibel
7	Politie radar voor snelheid	Ruime scheiding			Compatibel
8	Detectielussen (t.b.v. verkeersinstallaties)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 2		Relevante data niet volledig bekend, derhalve is beïnvloeding niet met zekerheid uit te sluiten. Verwachting is echter dat corona geen impact zal hebben op die detectielussen en m.b.t. vonkvorming zal het systeem te traag zijn.
9	Moderne elektronica in auto's	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 3		In zijn algemeenheid is beïnvloeding niet uit te sluiten, doch kans wordt zeer klein geacht en i.v.m. passage tijdens kruising van de lijn ook maar erg kortstondig.
10	Marifonie	Ruime scheiding			Compatibel
11A	AM radio (inclusief de diverse maritieme frequenties conform Tabel 7)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 4		Beïnvloeding is niet uit te sluiten voor ontvangst direct onder of nabij de mast. Zie NB 5.
11B	Korte golfradio / amateurzenders (inclusief de diverse maritieme frequenties conform Tabel 7)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 4		Beïnvloeding is niet uit te sluiten voor ontvangst direct onder of nabij de mast. Zie NB 5.
11C	FM radio	Ruime scheiding			Compatibel
12A/ B	TV (analoge tv na 2006 niet meer in gebruik)	Ruime scheiding			Compatibel met corona, verstoring door vonkvorming op het beeld signaal is niet uit te sluiten.
12C	TV (digitaal)	Ruime scheiding			Compatibel

NB 1
Geen specifieke data gevonden voor deze luchtvaartfrequenties. Algemeen verwachte ontvangst gevoeligheid voor communicatiesystemen in de orde 40-60dBµV/m is waarschijnlijk wel van toepassing. Deze wordt door de lijnemissie niet overschreven, maar hooguit benaderd direct onder of nabij de lijn en ook tot enige tientallen meters direct boven de lijn (doch daar geeft de [CISPR18] geen data voor en zijn inschattingen gemaakt zoals gepresenteerd in
Figuur 3.4 en Figuur 3.5). De Schiphol luchtvaartsystemen worden echter niet onder de lijn verwacht, hooguit passerende vliegtuigen over de lijn heen. De verwachting is echter dat onder normale omstandigheden (bij landen, maar zeker bij opstijgen) de vliegtuigen passeren op ruim 100m boven de lijn. Conform de inschatting van
Figuur 3.4 is dan het corona-emissieniveau alweer onder de 40-60dBµV/m, terwijl dichtbij Schiphol de eventuele luchtvaartzenders hun sterkste signalen zullen vertonen, juist vanwege de nabije afstand, zodat daar goede signaal/ruisniveau's aanwezig zullen zijn.

NB 2
Signaalniveaus van de detectielussen zijn voor dit rapport niet in detail uitgezocht, dit hangt af van aantal wikkelingen, de vorm van en stroom door de wikkelingen. Het zal echter een magnetisch veld zijn wat daar een rol speelt. Het systeem is gebaseerd op een impedantieverandering van de lus (door een hoeveelheid ijzer boven de lus te brengen), hierdoor verandert ook de resonantiefrequentie en dat wordt gemeten. Een eventuele emissie door corona, mocht de lijn pal boven zo'n detectielus hangen, zal de impedantie van die lus niet sterk veranderen en daarmee de resonantiefrequentie veranderen, derhalve wordt beïnvloeding onwaarschijnlijk geacht. Uitsluitsel ten aanzien van daadwerkelijke aanwezigheid van een lus pal onder de lijn kan alleen door inspectie ter plaatse.

NB 3
Zonder details van de systemen te kennen is niet in zijn algemeen uit te sluiten dat frequenties in het corona gebied ook door die systemen gebruikt worden. Echter elektronica moet voldoen aan de EMC-richtlijn. Daardoor wordt een zekere immuniteit gevraagd van producten voor externe velden. Voor illegale producten of producten die niet aan de EMC-richtlijn voldoen kan geen algemene uitspraak worden gedaan.
Voor het ontsteken van de brandstof in een benzinemotor wordt ook vonkvorming toegepast, dus voor auto's is er al een dergelijke stoorbron heel dichtbij, waartegen die elektronica ook bestand moet zijn. Dit aspect geldt uiteraard niet voor volledig elektrische auto's.
Daarnaast kan worden opgemerkt dat voorlopig nog veel auto's van staal worden geproduceerd waardoor de carrosserie een redelijke kooiconstructie vormt voor deze frequenties (0,5-5MHz). De kooiconstructie geldt ook voor landbouwwerktuigen die mogelijk opereren onder een lijn. Voor auto's onder de hoogspanningslijn geldt dat deze zich daar maar heel kort zullen bevinden (bij kruisingen), derhalve zullen eventuele verstoringen ook maar zeer kort duren. Dit laatste zou nog steeds kunnen betekenen dat een noodremming wordt veroorzaakt (in een volledig elektronisch bestuurde auto) met alle gevolgen van dien, doch juist voor deze besturingen zullen hoge immuniteitseisen van toepassing zijn vanwege de verkeersveiligheid.

NB 4
Corona kan het achtergrondruisniveau in deze communicatie-frequentiegebieden verhogen. Dit zal echter vooral direct onder en in nabijheid van de mast (en pal boven de draden) gelden.

Volgens het antenneregister zijn er wel zendamateurs geregistreerd in de nabijheid van de lijn. Aangezien deze soms frequentiebanden gebruiken die overlappen met de corona is het niet uitgesloten dat zij dan meer achtergrondruis ontvangen door corona. Een en ander hangt dan af van de precieze afstanden tot de lijn en de signaalniveaus en bandbreedten waarmee zij gewend zijn te werken. Mogelijke beïnvloeding op dit gebied is in het algemeen niet uit te sluiten maar valt volgens auteur niet onder de categorie "ontoelaatbaar" in de hier gehanteerde definitie.

NB 5

In het kader van de vraagstelling hangt de conclusie ten aanzien van beïnvloeding nog af van de definitie wat "ontoelaatbare beïnvloeding" wordt geacht. De door auteur gehanteerde betekenis van "met als direct gevolg doden of gewonden", komt in de bovenstaande beschouwing niet voor. Indien (met name op AM-modulatie gebaseerde) communicatiesystemen gestoord worden door vonkvorming dan is dat hinderlijk; een bericht moet wellicht herhaald worden. T.a.v. de luchtvaart, waar nog zou kunnen spelen dat een verkeerd geïnterpreteerd bericht in een extreem geval wel tot doden of gewonden zou kunnen leiden, kan gesteld worden dat (ondanks dat het niet beschouwd is in [CISPR18]) ook aan de bovenkant van de lijn de veldsterkte t.g.v. emissie zal afnemen. De zone waarin verstoring van AM-gemoduleerde communicatiesystemen mogelijk is wordt dan ruwweg bepaald door de curve in Figuur 3.5. We zijn niet in detail bekend met passagehoogten van vliegtuigen, maar verwachten dat vliegtuigen ruim 100m boven de mastdraden zullen passeren en dat derhalve het coronaruisniveau tot onder het 40dBuV/m niveau gedaald zal zijn. Voor de meeste systemen zullen dan acceptabele signaal-ruisniveaus kunnen worden gerealiseerd.

3.2 Laagfrequent

Conform de methodiek besproken in paragraaf 2.2.2 en 2.2.3 zijn de geïnduceerde spanningen bepaald op de kabels en leidingen, hekwerken en vangrails in nabijheid van de hoogspanningslijn.

3.2.1 Kabels en buisleidingen

Aangezien niet bekend is wat exact de kortsluitstroom is als functie van de positie langs het tracé, is uitgegaan van de ontwerpstroom van 50kA conform het uitgangspuntendocument [UP]. De werkelijke kortsluitstromen zullen beduidend lager zijn, gebaseerd op ervaringen met andere hoogspanningslijnen. Tevens is niet bekend hoe groot de bijdrage in de totale kortsluitstroom is van elk van de drie voedingspunten (Beverwijk, Vijfhuizen en Bleiswijk) . Derhalve is de bijdrage van de drie voedingspunten bepaald aan de hand van de verhouding van de impedanties tussen de kortsluitlocatie en de locatie van de voedend punten. In de buurt van een voedingspunt zal dus vrijwel de gehele kortsluitstroom van 50kA door het voedende punt worden geleverd. Dit is een *worst case* aanname. Bij een sluiting dicht bij een station is de bijdrage van andere onderstations in de berekening erg klein. In de praktijk zal de bijdrage van het dichtstbijzijnde station niet zo dominant zijn, waardoor de geïnduceerde spanning op de parallelle geleider wat lager is.

De som van de bovenstaande stromen per configuratie is de totale kortsluitstroom van 50kA ter hoogte van de kortsluitlocatie. De voedingspunten zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: sectieverdeling voor simulatiemodel

Secties	Positie [km]	Onderstation
51	10,2	Beverwijk
110	22	Vijfhuizen
338	67,6	Bleiswijk

In Tabel 3 zijn enkele voorbeelden gegeven van de verdeling van de kortsluitstromen van de drie voedingspunten langs het tracé.

Tabel 3: verdeling kortsluitstromen in simulatiemodel

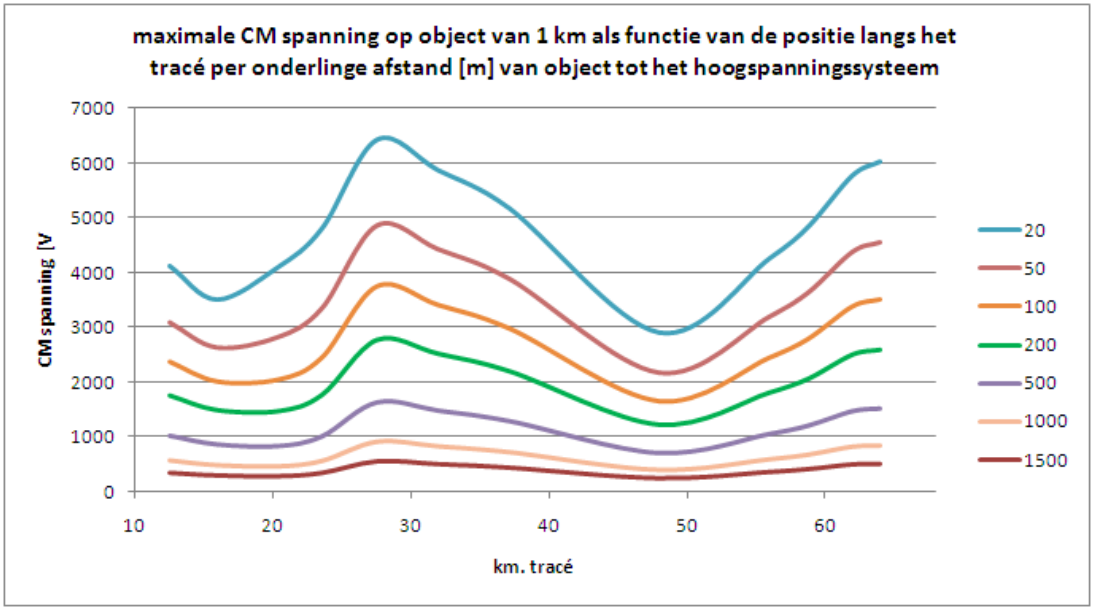
Config nr.	Positie Ik1	pos bron1 (Beverwijk)	Kabel	Stroom	pos bron2 (Vijfhuizen)	Kabel	Stroom	pos bron3 (Bleiswijk)	Kabel	Stroom
ns8	68	51	1	34066	110	1	13789	338	1	2145
ns14	80	51	1	24049	110	1	23248	338	1	2703
ns25	102	51	1	6587	110	1	41990	338	1	1423
ns32	118	51	1	5166	110	1	43261	338	1	1573
ns42	138	51	1	11008	110	1	34203	338	1	4788
ns53	160	51	1	13184	110	1	28742	338	1	8074
ns66	186	51	1	13645	110	1	24237	338	1	12118
ns67	240	51	1	11409	110	1	16587	338	1	22004
ns87	280	51	1	7942	110	1	10699	338	1	31359
ns94	294	51	1	6375	110	1	8419	338	1	35206
ns102	310	51	1	4331	110	1	5608	338	1	40061
ns107	320	51	1	2903	110	1	3718	338	1	43379

NB 1

De berekeningen zijn uitgevoerd met een simulatiepakket. In dit pakket wordt gerekend met “secties”. De sectielengte is 200m. Van elke sectie wordt de stroom en spanning per geleider bepaald. De kilometreringen, zoals hierboven van de stations weergegeven, worden omgerekend naar sectienummers. Vervolgens is naast het variëren van de geleider en de

kortsluitpositie de afstand tussen de hoogspanningslijnen en de geleider gevarieerd. In Figuur 3.7 is de maximale *common mode* spanning gegeven op een object van 1km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m] van object tot het hoogspanningssysteem.

NB 2
Aan elke doorgerekende configuratie – dus per positie van de kortsluitlocatie en de daarbij horende voedende kortsluitstromen – is een configuratienummer toegekend, bijvoorbeeld ‘ns8’. Begonnen is bij ‘ns1’ waarbij de kortsluitlocatie nabij onderstation Beverwijk is geplaatst. In dat geval zal het grootste deel van de totale kortsluitstroom (rond de 34kA) door Beverwijk worden geleverd (vergelijkbaar met bijvoorbeeld ‘ns107’ en volgend waarbij onderstation Bleiswijk het grootste aandeel levert aan de kortsluitstroom).



Figuur 3.7: Maximale *common mode* spanning op object van 1 km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m] van object tot het hoogspannings-systeem

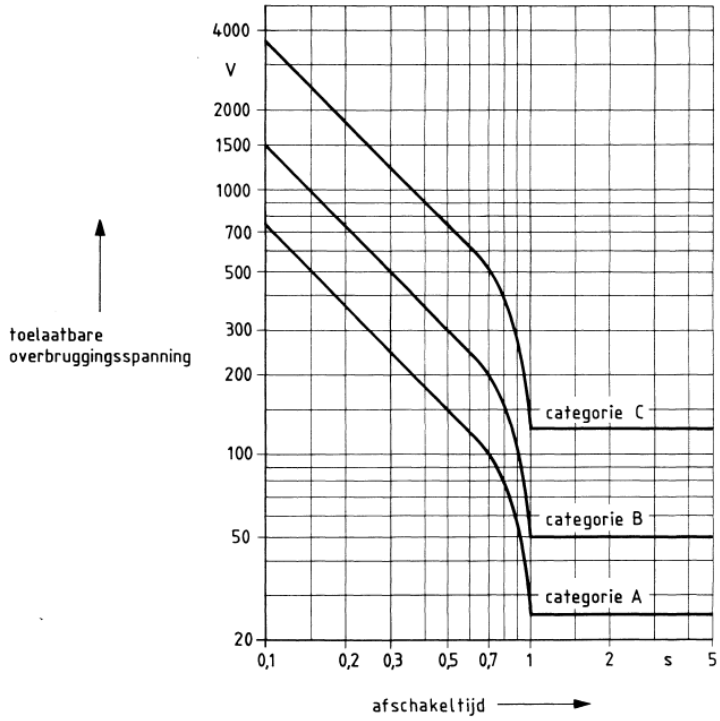
Deze maximaal berekende spanningen zijn zoals gezegd *worst case* spanningen om in fase 1 te bepalen welke objecten doorgaan naar fase 2. In fase 2 wordt in nader detail gekeken naar de objecten en een volgende schifting gemaakt aangezien wellicht tweezijdig geaarde kabels worden toegepast. Op kabels of andere objecten zoals buisleidingen die in de praktijk meer dan eenzijdig zijn geaard, zal de geïnduceerde spanning altijd kleiner zijn dan hierboven berekend.

Bij stukken kabels/buisleidingen die niet parallel liggen wordt een gemiddelde genomen. Haakse stukken worden niet meegenomen (de geïnduceerde spanning is hier immers nul Volt). De totale spanning over bijvoorbeeld een kabel van 5km is dan de som van alle delen kabel indien de kabel delen heeft die parallel met het tracé lopen en delen met bochten etc. De totale spanning is namelijk de kringintegraal Edl (som van alle stukken dl over de totale kabel of buislengte).

Deze spanningen worden vergeleken met Figuur 3.8 uit de NPR2760. Omdat nadere gegevens in fase 1 niet beschikbaar zijn, is aangenomen dat het Randstad380-tracé in categorie A valt, de meest ongunstige situatie. De bijbehorende afleidweerstand is 1 tot 2kΩ. Uit [UP] is bekend dat de afschakeltijd 0,1s bedraagt. Uit Figuur 3.8 blijkt dat bij deze parameters een maximale aanraakspanning van 750V is toegestaan. Daarom worden alle spanningen op kabels/buisleidingen getoetst aan een spanning van 750V. Als de

geïnduceerde spanning op een object deze waarde overschrijdt, gaat het object door naar fase 2.

Figuur 3.8: Toelaatbare aanraak-spanningen voor buisleidingen [NPR2760]



Categorie A: Zeer lage overbruggingsweerstand (1 kΩ < R_{ov} 2 kΩ)
Categorie B: Lage overbruggingsweerstand (2 kΩ < R_{ov} 5 kΩ)
Categorie C: Normale overbruggingsweerstand (R_{ov} > 5 kΩ)

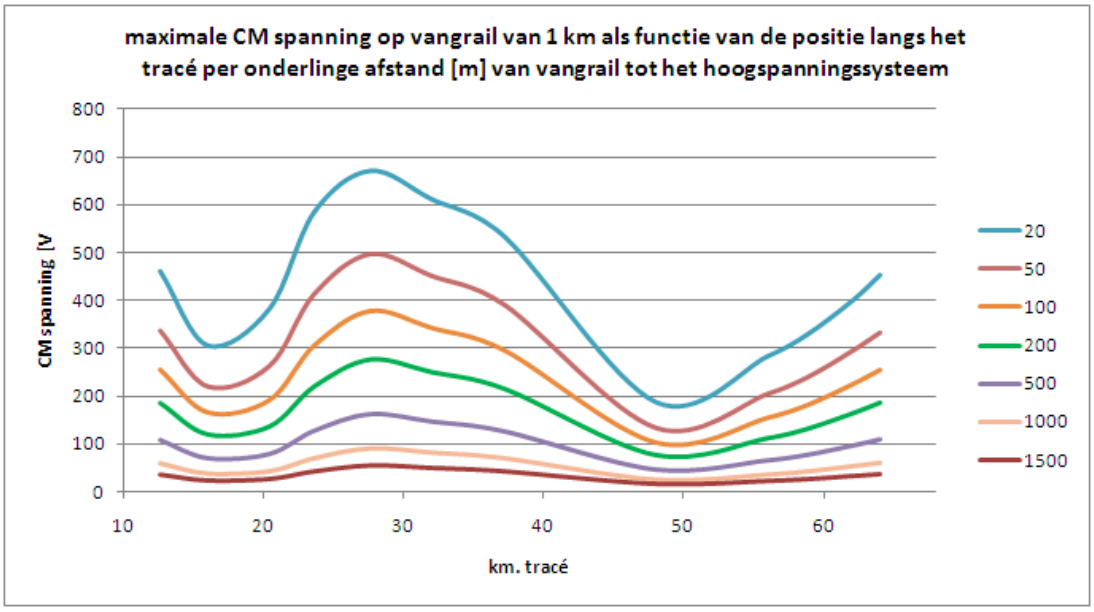
De KLIC-meldingen die gedaan zijn in een gebied van 2km rondom het beoogde tracé Noordring hebben 79 tekeningen opgeleverd met daarop objecten van een grote hoeveelheid leidingeigenaren. Van al deze leidingen, kabels en buizen is bepaald wat de afstand is tot het tracé en hoe lang de parallelloop is. Met behulp van de grafiek uit Figuur 3.7 is vervolgens berekend welke spanningen er worden geïnduceerd op genoemde leidingen. In Tabel 9 is de complete lijst met kabels en buisleidingen weergegeven met daarbij de geïnduceerde spanning bepaald conform de hierboven en de eerder in paragraaf 2.2.2 besproken methode. Uit deze lijst blijkt dat bij objecten van 48 verschillende kabel- en leidingeigenaren de spanning hoger wordt dan 750V.

3.2.2 Vangrails en hekwerken

Naast kabels en buisleidingen die op te vragen zijn bij KLIC bevinden zich andere stroomgeleidende objecten langs en rond het beoogde tracé Noordring, zoals vangrails en hekwerken. Met een extra simulatie is voor deze categorie objecten vastgesteld dat er geen problemen te verwachten zijn met de aanraakspanning.

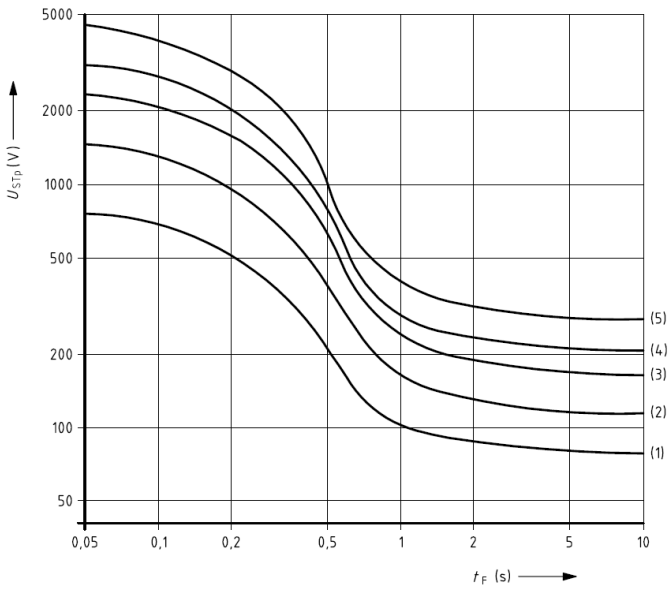
Zowel de kortsluitpositie als de positie van de vangrail/hekwerk is gevarieerd (e.e.a. conform de berekeningen zoals beschreven in de paragraven 2.2.2 en 2.2.3). In Figuur 3.9 is de maximale *common mode* spanning weergegeven op een vangrail van 1km als functie van de positie van de vangrail langs het tracé; dit is gesimuleerd voor verschillende afstanden [m] tot het hoogspanningssysteem.

Figuur 3.9: Maximale CM spanning op vangrail van 1 km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m]



De maximale spanning op een vangrail met een lengte van 1km bedraagt op 20m afstand van het tracé ca. 672 V, zie Figuur 3.10. Zoals hierboven beschreven zal bij een eenzijdig geaarde kabel of buisleiding de spanning rechtevenredig toenemen met de lengte. Bij de vangrail is dit niet het geval aangezien de vangrail op meerdere punten is geaard. Dit houdt in dat bij toenemende vangraillengte de spanning weliswaar toeneemt, maar dat door de meerdere aardpunten er ook steeds meer stroom weg zal lekken. Ergens zal er dan logischerwijs een maximum ontstaan. Na enkele berekeningen bleek dit inderdaad het geval te zijn. De spanning op een vangrail langer dan 1km neemt toe tot maximaal 817V bij een lengte van 5km. Deze spanning zal niet meer toenemen bij langere objecten.

Figuur 3.10: Toegestane aanraak-spanningen voor hoogspannings-systemen [NEN1041]



Legenda

1 zonder extra weerstanden (zie figuur 9.1)
2 R_a = 750 Ω (R_{a1} = 0 Ω, ρ_s = 500 Ωm)
3 R_a = 1 750 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 500 Ωm)
4 R_a = 2 500 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 1 000 Ωm)
5 R_a = 4 000 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 2 000 Ωm)

OPMERKING R_{a1} = 1 000 Ω geeft een gemiddelde waarde voor oude en natte schoenen weer.

In [NEN1041] staat de maximale toegestane spanning beschreven voor hoogspanningsinstallaties bij verschillende afleidweerstand. Curve 2 in Figuur 3.10

(weerstand van 750Ω; situatie zonder schoenen) is vergelijkbaar met de eerder genoemde categorie A (weerstand 1-2kΩ) voor kabels en buisleidingen en meer *worst case* dan curve 3 (weerstand 1750Ω; situatie met oude en natte schoenen).

Bij 0,1s wordt dan een maximale spanning van ca. 1300V gevonden. En de maximale spanning 817V << 1300V. Hieruit kan worden geconcludeerd dat alle vangrails, hekwerken e.d. die tot op een afstand van 20 m vanaf het hart van de hoogspanningslijn liggen voldoen aan de norm [NEN1041] en niet nader onderzocht hoeven te worden.
NB In verband met de zakelijk-rechtstrook van de hoogspanningslijn van 44m zal deze afstand altijd groter zijn.

3.2.3 Overige objecten

De laatste categorie objecten die nog niet aan de orde is geweest m.b.t. laagfrequente beïnvloeding, bestaat uit bedrijven en woonhuizen e.d. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de grootste kanshebbers van normoverschrijdende geïnduceerde spanningen waar het Noordring-tracé in de nabijheid zal lopen van woningen en bedrijven(terreinen). Van deze objecten is vanzelfsprekend geen detailinformatie bekend van parallelloop van elektrische systemen. Gebaseerd op de ligging en afmetingen van de bebouwing kan worden ingeschat dat de geïnduceerde spanningen t.g.v. het hoogspanningstracé waarschijnlijk niet grensoverschrijdend hoog zullen zijn. Nader onderzoek is echter aan te raden om dit ook daadwerkelijk vast te kunnen stellen.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Hoogfrequent

Op basis van voorgaande beschouwing wordt met betrekking tot de vraag: “In welk gebied kan ontoelaatbare beïnvloeding ontstaan?” geconcludeerd dat:

- De emissie van de lijn t.g.v. corona, mits voldoend aan uitgangspunt 1, slechts in een zeer klein gebied (onder, naast en boven) de mast tot veldsterkten zal leiden die ontvangst van radio signalen (mits in dezelfde band als de emissie van corona) zou kunnen bemoeilijken, maar dan met name voor systemen met Amplitude Modulatie. Dit gebied is verder frequentie afhankelijk, waarbij voor de hogere frequenties de straal kleiner is. Ter indicatie; “klein” gebied betekent hier: een straal van 80m voor frequenties rond 0.5MHz en een straal van 20m voor frequenties van 10MHz en een verder afnemende straal voor nog hogere frequenties (op basis van een beoordelingsniveau van 40dBµV/m ontvangst veldsterkte). Als markering van de beïnvloedingsgebieden kan Figuur 3.3 dienen, daarin zijn min of meer cirkelvormige gebieden rondom de draden te herkennen, waarbij voor de hogere frequenties de stralen klein zijn (rood in de figuur) en voor lage frequenties de straal groter wordt (blauw).

- Voor de specifiek gevraagde systemen, GPS, C2000, vliegtuigradar geen beïnvloeding zal optreden door corona op basis van geruime scheiding in de van toepassing zijnde frequenties. Voor vonkvorming geldt dat de frequentiebereiken wel kunnen overlappen (C2000, radar, GSM), doch dat de gebruikte modulatie technieken niet gevoeligheid zijn voor verstoring door vonkvorming. Vonkvorming heeft met name impact op systemen die gebruik maken van Amplitude Modulatie systemen. Het is in het algemeen niet uit te sluiten dat systemen die van AM gebruik maken in de nabijheid van de lijn in gebruik zijn.

- Met name voor een aantal oudere systemen (die gebruik maken van frequenties in het gebied van enkele tientallen kHz tot 10MHz en ook nog gebruik maken van de (oudere) Amplitude Modulatie techniek, verstoringen niet zijn uit te sluiten, mits de ontvanger zich dichtbij de draden van de lijn bevinden. Hierbij speelt dan de precieze locatie van een dergelijke ontvanger t.o.v. de lijn een rol. Dit geldt zowel voor corona als voor vonkvorming (waarbij voor vonkvorming het frequentiegebied nog wat breder is, tot ruwweg 1GHz).

Gezien dat het emissieniveau van de Randstad380-lijn een aanname is en dat deze aanname gerelateerd is aan een curve die niet gelijk is aan het daadwerkelijke geplande (verticale) mastbeeld, wordt aanbevolen om deze aanname te verifiëren na inbedrijfstelling. Als deze aanname wordt geverifieerd dan blijft de conclusie van de analyse gehandhaafd.

Voor een aantal objecten wordt op basis van ontbreken van verdere details verwacht dat er geen beïnvloeding zal zijn, doch kan dat niet 100% worden uitgesloten. Indien daar meer zekerheid gewenst wordt dan zal in fase 2 voor nader te definiëren specifieke gevallen meer relevante details moeten worden verzameld (ten aanzien van frequentie, modulatie, ontvangstgevoeligheid en locatie relatief t.o.v. de corona) om een conclusie harder te kunnen onderbouwen.

4.2 Laagfrequent

Van alle KLIC-meldingen die zijn aangevraagd in een gebied van 2km rondom het tracé Noordring is bepaald welke spanning er wordt geïnduceerd op iedere *worst case* leiding per tekening per leidingeigenaar. Van de 59 verschillende leidingeigenaren moeten er van 48 stuks één of meer leidingen nader onderzocht worden in fase 2 wegens het overschrijden van de 750V-grens.

Daarnaast zal in Fase 2 nader onderzoek moeten plaatsvinden omtrent de objecten waarbij de HS-lijn dichtbij passeert of kruist. Deze objecten zijn in paragraaf 3.1.2.3 geïdentificeerd en zijn terug te vinden in Tabel 6.

Van vangrails en hekwerken is het vrijwel uitgesloten dat de hierop geïnduceerde spanningen de grenswaarde voor gevaarlijke aanraakspanningen overschrijden. Bij een afstand kleiner dan 20m tot de hoogspanningslijn zou nader onderzoek plaats moeten vinden, alhoewel het i.v.m. de zakelijk-rechtstrook van 44m theoretisch niet mogelijk is dat zich objecten bevinden binnen deze afstand.

5 Referenties

Tabel 4: referenties

#	Codering	Volledige referentie
1	[CISPR18]	Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment, TR CISPR 18-1, edition 2, 2010.
2	[EN55022]	Information technology equipment. Radio disturbance characteristics. Limits and methods of measurement, 1998.
3	[frequentiekaart]	Nederlandse Frequentiespectrumkaart, Agentschap Telecom, 2005.
4	[ITU]	Recommendation ITU-R BT417-5, 2002.
5	[lijnprojectie]	Kmz file met coördinaten van masten en lijn tracé, verkregen per email van Bram van Boxmeer, 26 januari, 2011.
6	[Maasvlakte]	Analyse rapport behorende bij de meetvraag elektrische velden; EMC2, Emissie conform EN50121, F.P. Schoren, T. Le, P. Bos, 2001.
7	[NEN1041]	Veiligheidsbepalingen voor hoogspanningsinstallaties; ICS 13.260, 29.260.10, 91.140.50, oktober 2005.
8	[NPR2760]	De wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningsverbindingen, 1^{e} druk, november 1991.
9	[projectspecificatie]	Projectspecificatie beïnvloeding verbinding R380 Noordring, TI-TEC 10-351, 20 mei 2010.
10	[PTE]	A study of electromagnetic radiation of corona discharge near 500kV electric installations, A. Korzhov e.a., Power Technology and Engineering, vol 38, no 1, 2004.
11	[SA]	Attenuation and EMI Frequency Spectrum for Distribution lines, A. Albarani, N.H. Malik, King Saud university, Vol 2, Eng. Sci, 1990.
12	[SCRT]	Regeling klachtbehandeling elektrische en elektronische apparaten, Staatscourant, nr 163, jaargang 1995.
13	[UP]	Noordring Randstad 380, Uitgangspuntendocument Fase 1, EN-RT-100033828, versie 1.0, 14 december 2010.

6 Bijlagen

Bijlage A: uitgangspunten en aannames

Tabel 5: uitgangspunten en aannames

#	Uitgangspunt / aanname	Bron / Referentie / Opmerking
1	Stoorniveau van de lijn zelf voldoet aan: ▪ bij 0.5MHz, 6dB onder de curven in figuur B8 van [CISPR18] ▪ in de band van 1-100MHz, minstens 10dB onder de curve van figuur B8 van [CISPR18] Dit niveau is gemeten op een referentie niveau van 2m boven de grond. NB 1: er is verder geen bewijs dat deze lijn hieraan voldoet, het is een eis uit het programma van eisen. NB 2: figuur B8 is gebaseerd op een horizontaal mastbeeld, hetgeen alleen bij Schiphol wordt toegepast. Op de overige locaties wordt een verticaal mastbeeld toegepast. De invloed van dit verticaal mastbeeld op de curve wordt in de tekst verder ingeschat.	Email Ebart van den Berg (TenneT) aan Rianne Tichelaar (Movares), 30 december 2010.
2	De mastbeelden voor de geplande lijn bestaan uit verticale configuratie, behalve voor bij Schiphol waar een horizontale configuratie wordt gehanteerd.	Tekening 30613067-35-52 versie D, 4-11-2010 (niet Schiphol). Tekening 30613067-35-62 versie A, 31-3-2009 (Schiphol).
3	De zakelijke rechtstrook voor R380 is 44m breed.	Brochure Randstad 380, Gids over schadevergoedingen.
4	T.a.v. de term “ontoelaatbare beïnvloeding” wordt aangenomen dat voor de hoogfrequente beïnvloeding bij overlap van frequenties beïnvloeding mogelijk is en dat de combinatie van relevante signaalniveaus en eventuele modulatie (met error correctie technieken) bepalen of die beïnvloeding waarschijnlijk of onwaarschijnlijk is. Bij waarschijnlijke beïnvloeding bepaald het karakter van de verstoring of dat die ontoelaatbaar of toelaatbaar wordt geacht. Voor ontoelaatbaar geldt dat alles wat doden of gewonden tot gevolg zou kunnen hebben als ontoelaatbaar wordt geacht.	Aanname is hier gemaakt bij gebrek aan definitie in de opdracht. Nog te overleggen met de opdrachtgever over mogelijke verschillen van interpretatie.

#	Uitgangspunt / aanname	Bron / Referentie / Opmerking
	CISPR doet geen uitspraak over ontoelaatbaar of toelaatbare niveaus en geeft alleen te verwachten niveaus voor bepaalde typen mastconfiguratie.	
5	De diverse communicatie apparatuur is niet gevoelig voor signalen die ver buiten de band van de normale werkfrequenties liggen. Op basis hiervan kan snel een conclusie worden getrokken als het operationele frequentiegebied van bepaalde apparatuur ver van de door corona opgewekte frequenties is verwijderd.	Dit is een gebruikelijke ontwerp strategie, zeker voor meer modernere systemen, doch is niet voor ieder apparaat zoals beschreven in dit rapport afzonderlijk gecontroleerd.
6	De kruising van het Noordzeekanaal zal via duikers / zinkers verlopen.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], maar auteur verwacht dat i.v.m. het belang van vrije doorvaart hier geen hoogspanningslijn over het Noordzeekanaal zal worden toegepast.
7	Het traject rondom Beukenhorst is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.
8	Het traject tussen Rijpwetering en Abbenes is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.
9	Het traject tussen Hazerswoude Dorp en Groenendijk is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.

Bijlage B: kruisingen/passage van objecten

Tabel 6: kruising/passage van objecten

#	Locatie	Type object
1	Ten oosten van Zoetermeer	Kruising A12 en spoorweg Utrecht-Den Haag
2	Ten oosten van Zoetermeer, tussen Hoefweg en Kruisweg	Passage over/langs een woonhuis
3	Ten oosten van Zoetermeer, ter hoogte van Rottedijk, Noorddijk, Herenweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Oosterheem (doch aan de westkant van de HSL spoorlijn)
4	Hogeveen, bij Hoogeveenseweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Benthuizen (doch aan de westkant van de HSL spoorlijn)
5	Tussen Hazerswoude Dorp en Westeinde, ter hoogte Dorpstraat	Kruising Dorpstraat en passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Hazerswoude Dorp Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
6	Rijnwoude, bij Vierheemskinderenweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
7	Bij Groenendijk	Kruising N11, kruising spoorweg Alphen aan de Rijn – Leiden Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
8	Bij Groenendijk; ter hoogte van Rijndijk, Hondsdijk	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Kruising met waterweg: oude Rijn Amateurzenders geregistreerd in Hazerswoude Rijndijk Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
9	Ten oosten van Leiderdorp, Ruige kade	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, Amateurzenders geregistreerd in Leiderdorp
10	Ten oosten van Leiderdorp	Kruising & parallelloop A4, Kruising/passage N446, kruising HSL spoorlijn
11	Ten noord oosten van Leiderdorp, Zuiderzeeweg	Passage over een woonhuis/bedrijfsterrein Passage over een waterweg (waarschijnlijk alleen recreatief verkeer)
12	Tussen Leiderdorp en Hoogmade	Parallelloop A4 en parallelloop HSL spoorlijn Amateurzenders geregistreerd in Hoogmade
13	Ten noorden van Hoogmade, Blauwemolenweg	Passage over/ langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
14	Ten zuiden van Rijpwetering,	Passage over/ langs

#	Locatie	Type object
	kruising Zuidweg	woonhuizen/bedrijfsterreinen, passage over een waterweg (waarschijnlijk alleen recreatief verkeer) Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
15	Ten oosten van Rijpwetering, Lange Dwarsweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, kruising N445 Amateurzenders geregistreerd in Roelofarendsveen en Rijpwetering Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
16	Ten zuid westen van Nieuwe Wetering, Korte Dwarsweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
17	Ten noord westen van Nieuwe Wetering	Passage over Hanepoel watergebied, kruising Haarlemmermeerse ringvaart (waarschijnlijk alleen recreatief) Amateurzenders geregistreerd in Nieuwe Wetering Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
18	Ten oosten van Abbenes	Kruising A44
19	Tussen Abbenes en Nieuw Vennep	Parallelloop met spoorweg Hoofddorp-Leiden
20	Ten zuiden van Nieuw Vennep, Lireweg	Passage langs bedrijfsterreinen, kruising HSL spoorlijn Amateurzenders geregistreerd in Nieuw Vennep
21	Ten oosten van Nieuw Vennep, ‘t Kabel	Passage langs manege ’t Kabel, passage langs NS station Nieuw Vennep
22	Tussen Nieuw Vennep en Haarlemmermeer/Hoofddorp	Parallelloop spoorwegen Hoofddorp-Leiden en HSL, HSL technische ruimte (ten zuid westen van Nieuwe Bennebroekerweg), parallelloop emplacement Hoofddorp Amateurzenders geregistreerd in President Noord
23	Hoofddorp, Rijnlanderweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Beukenhorst West
24	Hoofddorp	Kruising weg om de noord met verkeersinstallaties
25	Ten oosten van Hoofddorp	Kruising spoorweg Hoofddorp-Schiphol
26	Ten oosten van Hoofddorp, Vijfhuizerweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
27	Ten noord oosten van Hoofddorp	Kruising hoofdweg, kruising N520, Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, kruising ringvaart
28	Ten noorden van Hoofddorp, Ijweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen

#	Locatie	Type object
29	Ten zuid oosten van Vijfhuizen, nabij Stelling	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, parallelloop Schiphol Polderbaan op ongeveer 800m Amateurzenders geregistreerd in Vijfhuizen
30	Ten oosten van Vijfhuizen, nabij Driemerenweg	Kruising N205
31	Ten noorden van Vijfhuizen, Kromme Spieringweg	Passage over/langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen
32	Ten noorden van Vijfhuizen	Kruising N232, kruising N205
33	De Liede	Passage over/langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen
34	Ten noorden van de Liede	Kruising N200/A200, kruising spoorweg Haarlem-Amsterdam
35	Ten noorden van de Liede, Oude Notweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Omroepzender Haarlemmerliede Ten westen van de lijn, PTT mast (straalzender in wijk Veerpolder) doch op 2km afstand
36	Ten oosten van Spaarnwoude, nabij Spaarndammerdijk/ Inlaagpolder	Kruising A9, Passage langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd aan Ringweg op ongeveer 400m
37	Ten noord oosten van Spaarndam	Kruising waterweg Zijkanaal C
38	Ten noorden van Spaarndam	Passage over recreatie gebied Spaarnwoude, kruising waterweg (kanobaan, recreatief) Amateurzenders geregistreerd in Velserbroek (ongeveer 1km)
39	Ten zuid oosten van Velsen-Zuid	Paralleloop A9, Kruising waterweg Noordzeekanaal (niet relevant als aanname 6 correct is)
40	Ten noorden van Noordzeekanaal, Kanaalweg	Kruising N246 (niet relevant als aanname 6 correct is), passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
41	Ten oosten van Velsen-Noord, Kagerweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
42	Ten oosten van Velsen-Noord	Kruising A9, kruising N246

Bijlage C: kenmerken potentiële slachtoffersystemen

Tabel 7: kenmerken potentiële slachtoffer-systemen

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
1	GPS	1.575GHz (civiel) 1.227GHz (hoge resolutie, militair)	-130 tot -160dBm, typische waarden dBm vertalen naar dBµV/m hangt af van de antenne factor en impedantie, dat kan niet in zijn algemeen worden uitgevoerd	BPSK (bi phase shift key) modulatie	Alleen ontvangst, signaalniveau ligt onder thermisch ruisniveau, maar door integratie technieken kunnen dat soort signalen toch gemeten worden.
2	C2000 (+P2000)	TETRA 380-395MHz Paging 169MHz	-110dBm (typische waarde) Zendvermogens; basis stations: 25W, mobiele units: 2W, portofoons: 1W Paging kan met lagere ontvangst veldsterkten werken, typische waarden: 10dBµV/m	π/4 DQPSK (differential quadrature phase shift keying) modulatie Paging is meestal FSK (frequency shift keying) modulatie	
3	Radar	L band; 1-2GHz, lange afstands radar X band; 8-12GHz	Gevoeligheden: -100dBm Typische waarden voor uitgezonden vermogens; in de puls tot MW, gemiddeld; orde kW	Gepulste signalen	
4A	Luchtverkeersleiding communicatie	75MHz, baken 108-130MHz 281-360MHz 982MHz, baken		Oudere systemen ook met AM modulatie Waarschijnlijk FM (frequentie modulatie)	Frequentie is hoger dan corona, maar voor vonkvorming zou hier op de banden met AM modulatie nog wel verstoring

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					kunnen optreden.
4B	Portofoon verkeer Schiphol Airport (niet vliegtuig of navigatie)	TETRA 380-430MHz 450-470MHz	Zendvermogen portofoons; 1W Basis stations: 25W Gevoeligheid; -115dBm (typical)	DQPSK	
4C	Overigen (technische diensten, services, hotels)	74MHz 160-170MHz 400-470MHz	Zendvermogen portofoons; 1W Gevoeligheid; -115dBm (typical)	Waarschijnlijk FM (frequentie modulatie)	
4D	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	315-325 kHz, 325-405kHz, 415-435kHz, 435-495kHz, 505-526.5kHz,		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
4E	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	2.85-3.155MHz, 3.4-3.5MHz, 3.8-3.9MHz, 3.9-3.95MHz, 4.65-4.75MHz, 4.75-4.85MHz		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
4F	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	5.45-5.48MHz, 5.48-5.73MHz, 6.525-6.765MHz, 8.815-9.04MHz		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
5	GSM (GSM-R gebruikt binnen de spoorwegen, zit in ranges 876-880MHz en 921-925MHz)	890-915MHz / 1710-1785MHz	Zendvermogen basis stations; orde 25W, telefoons: 1-2W Gevoeligheid: -100dBm (typical)	GMSK (Gaussian filtered minimum shift keying) modulation, een vorm van FSK (veel smalbandiger dan QPSK)	
6	UMTS	Downlink: 1920-1980MHz Uplink:	Zendvermogen basis stations; orde 25W, telefoons: 1W	Downlink: QPSK (quadrature phase shift	

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
		2110-2170 MHz	Gevoeligheid: -100dBm (typical)	keying) modulatie Uplink: DQPSK	
7	Politie radar voor snelheid	X band; 8-12GHz	Gevoeligheden: -100dBm		
8	Detectielussen (t.b.v. verkeersinstallaties)	Typisch 50-160kHz			Systeem functioneert met detecteren van voertuigen (lusimpedantie verandert door aanwezigheid van ijzer van voertuigen) Invloed van corona emissie is niet waarschijnlijk omdat het magnetisch veld van de lus groter zal zijn dan de emissie van de lijn.
9	Moderne elektronica in auto's	Deursloten, GPS, computers met diverse sensoren, inductieve sensoren (naderings-schakelaars)	Elektronica als zodanig kan gevoelig zijn, maar systemen moeten ook bestand zijn tegen de vonkvorming van bougies.		In het algemeen moet elektronica voldoen aan EMC richtlijn. Daardoor wordt een zekere immuniteit gevraagd van producten voor externe velden. Voor illegale of niet compatibele producten kan geen algemene uitspraak worden gedaan. Daarnaast kan nog worden opgemerkt dat voorlopig nog veel auto's van staal worden geproduceerd waardoor de constructie voor

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					deze frequenties (0.5-5MHz) een redelijke kooi constructie vormt.
10	Marifonie	156-162MHz	Gevoeligheden: -100dBm Zenders (binnenwateren) orde 1W	FM modulatie	
11A	AM radio	30kHz-300kHz lange golf radio 300kHz - 3MHz midden golf radio	60-80dBµV/m Zie onderstaande figuur	AM (amplitude modulatie)	Frequentie gebied overlapt met corona emissie en AM modulatie is in principe gevoelig voor dit soort verstoringen
11B	Korte golf amateur zenders	3-30MHz	60-80dBµV/m Zie onderstaande figuur	Diverse modulaties (o.a. SSB; single side band, AM, CW morse)	Frequentie gebied overlapt met corona emissie en AM modulatie is in principe gevoelig voor dit soort verstoringen
11C	FM radio	80MHz - 110MHz	60-80dBµV/m	FM (frequentie modulatie)	FM modulatie is vrij ongevoelig voor amplitude verstoringen
12A	TV (tot 2006)*	VHF band 54-88MHz 175-216MHz	60-80dBµV/m	FM (voor het geluid) PAL (in Europa) een soort van amplitude modulatie	Frequentie gebied ligt al redelijk ver van corona emissie gebied. Verstoring door vonkvorming op het beeld signaal is niet uit te sluiten.
12B	TV (tot 2006)*	UHF band 470-855MHz	60-80dBµV/m	FM (voor het geluid) PAL (in Europa) een soort van amplitude modulatie	Frequentie gebied ligt al redelijk ver van corona emissie gebied. Verstoring door vonkvorming op het beeld

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					signaal is niet uit te sluiten.
12C	TV (digitaal)	174-230MHz (commerciële TV) 154-1479.5MHz (commerciële TV). 470-862MHz (publieke zenders)	60-80dBµV/m	QPSK, 16QAM, 64QAM (digitale modulatie technieken)	Frequentie gebied veel hoger dan corona en moderne modulatie technieken (met error correctie) die niet zo gevoelig zijn voor verstoringen.

* (12A/12B) Uitzendingen van analoge tv is in Nederland in 2006 gestopt. tv-signalen worden verzorgd via DVB-T (digital video broadcasting terrestial) en DVB-H (digital video broadcasting handheld). Er zijn ook nog andere zoals DVB-C (digital video broadcasting cable), maar die zijn in het kader van deze beschouwing niet relevant. Deze DVB systemen zullen van moderne modulatie technieken (o.a. QPSK, 16QAM, 64QAM met foutcorrectiecodes) gebruik maken en frequenties in de band 470-862MHz (publieke zenders), 174-230MHz (commerciële TV) 154-1479.5MHz (commerciële TV).

BRON: diverse gegevens via websites en kennis door auteur elders opgedaan.

Bijlage D: nationaal frequentieregister, 150kHz – 10MHz

Tabel 8: nationaal frequentieregister, 150kHz-10MHz

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
1	9 kHz	1730 MHz	Analyse van Bouwmaterialen
2	9 kHz	1600 MHz	Ultra Wide Band
3	9 kHz	315 kHz	Implantaten
4	148.5 kHz	283.5 kHz	Omroep
5	148.5 kHz	5000 kHz	Inductieve systemen
6	283.5 kHz	315 kHz	Maritiem radionavigatie
7	315 kHz	325 kHz	Maritiem radionavigatie
8	335 kHz	495 kHz	Luchtvaart radionavigatie
9	335 kHz	495 kHz	Maritiem mobiel wal
10	400 kHz	600 kHz	RFID
11	435 kHz	495 kHz	Maritiem mobiel schip
12	456 kHz	458 kHz	Opsporen lawine slachtoffers
13	489.5 kHz	490.5 kHz	Maritiem veiligheidsinformatie
14	495 kHz	505 kHz	Mobiel nood wal
15	495 kHz	505 kHz	Mobiel nood schip
16	505 kHz	526.5 kHz	Maritiem mobiel schip
17	505 kHz	526.5 kHz	Maritiem mobiel wal
18	517.5 kHz	518.5 kHz	Maritiem veiligheidsinformatie
19	526.5 kHz	1606.5 kHz	Omroep
20	1606.5 kHz	1625 kHz	Maritiem mobiel schip
21	1606.5 kHz	1625 kHz	Maritiem mobiel wal
22	1625 kHz	1635 kHz	Radionavigatie
23	1635 kHz	1800 kHz	Maritiem mobiel wal
24	1635 kHz	1800 kHz	Maritiem mobiel schip
25	1642.5 kHz	1642.5 kHz	Maritiem mobiel schip
26	1642.5 kHz	1645.5 kHz	Maritiem mobiel wal
27	1657.5 kHz	1657.5 kHz	Maritiem mobiel schip
28	1657.5 kHz	1660.5 kHz	Maritiem mobiel wal
29	1800 kHz	1810 kHz	Radionavigatie
30	1810 kHz	1880 kHz	Amateurdienst
31	1890 kHz	1893 kHz	Maritiem mobiel
32	2045 kHz	2160 kHz	Maritiem mobiel schip
33	2045 kHz	2160 kHz	Maritiem mobiel wal
34	2160 kHz	2170 kHz	Radioplaatsbepaling
35	2170 kHz	2173.5 kHz	Maritiem mobiel schip
36	2170 kHz	2173.5 kHz	Maritiem mobiel wal
37	2173.5 kHz	2190.5 kHz	Mobiel nood wal
38	2173.5 kHz	2190.5 kHz	Mobiel nood schip
39	2190.5 kHz	2194 kHz	Maritiem mobiel schip

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
40	2190.5 kHz	2194 kHz	Maritiem mobiel wal
41	2194 kHz	2300 kHz	Maritiem mobiel
42	2300 kHz	2498 kHz	Maritiem mobiel
43	2365 kHz	2365 kHz	Maritiem mobiel schip
44	2365 kHz	2368 kHz	Maritiem mobiel wal
45	2392 kHz	2395 kHz	Maritiem mobiel wal
46	2392 kHz	2392 kHz	Maritiem mobiel schip
47	2498 kHz	2502 kHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
48	2502 kHz	2650 kHz	Maritiem mobiel
49	2520 kHz	2520 kHz	Maritiem mobiel schip
50	2625 kHz	2650 kHz	Maritiem radionavigatie
51	2650 kHz	2850 kHz	Mobiel schip
52	2650 kHz	2850 kHz	Mobiel wal
53	2786 kHz	2786 kHz	Maritiem mobiel schip
54	2786 kHz	2789 kHz	Maritiem mobiel wal
55	2824 kHz	2827 kHz	Maritiem mobiel wal
56	2850 kHz	3025 kHz	Luchtvaart
57	3.01 MHz	3.013 MHz	Maritiem mobiel
58	3.023 MHz	3.026 MHz	Noodverkeer
59	3.025 MHz	3.155 MHz	Luchtvaart
60	3.155 MHz	3.4 MHz	Inductieve systemen
61	3.155 MHz	3.2 MHz	Maritiem mobiel
62	3.2 MHz	3.23 MHz	Maritiem mobiel
63	3.23 MHz	3.4 MHz	Maritiem mobiel
64	3.357 MHz	3.357 MHz	Maritiem mobiel schip
65	3.357 MHz	3.36 MHz	Maritiem mobiel wal
66	3.4 MHz	3.5 MHz	Luchtvaart
67	3.458 MHz	3.461 MHz	Maritiem mobiel wal
68	3.458 MHz	3.458 MHz	Maritiem mobiel schip
69	3.5 MHz	3.8 MHz	Mobiel
70	3.5 MHz	3.8 MHz	Amateurdienst
71	3.673 MHz	3.676 MHz	Maritiem veiligheidsinformatie
72	3.8 MHz	3.9 MHz	Landmobiel
73	3.8 MHz	3.9 MHz	Luchtvaart
74	3.9 MHz	3.95 MHz	Luchtvaart
75	3.95 MHz	4 MHz	Omroep
76	4 MHz	4.063 MHz	Maritiem mobiel
77	4.0506 MHz	4.0506 MHz	Maritiem mobiel schip
78	4.0506 MHz	4.054 MHz	Maritiem mobiel wal
79	4.063 MHz	4.438 MHz	Maritiem mobiel wal
80	4.063 MHz	4.438 MHz	Maritiem mobiel schip
81	4.125 MHz	4.125 MHz	Maritiem mobiel schip

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
82	4.125 MHz	4.128 MHz	Maritiem mobiel wal
83	4.2095 MHz	4.2125 MHz	Maritiem veiligheidsinformatie
84	4.369 MHz	4.372 MHz	Maritiem mobiel wal
85	4.369 MHz	4.369 MHz	Maritiem mobiel schip
86	4.438 MHz	4.65 MHz	Maritiem mobiel
87	4.515 MHz	4.515 MHz	Spoorwegen
88	4.65 MHz	4.7 MHz	Luchtvaart
89	4.7 MHz	4.75 MHz	Luchtvaart
90	4.75 MHz	4.85 MHz	Luchtvaart
91	4.75 MHz	4.85 MHz	Landmobiel
92	4.85 MHz	4.995 MHz	Landmobiel
93	4.995 MHz	5.003 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
94	5 MHz	30 MHz	Inductieve systemen
95	5.003 MHz	5.005 MHz	Ruimte onderzoek
96	5.003 MHz	5.005 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
97	5.005 MHz	5.06 MHz	Landmobiel
98	5.06 MHz	5.45 MHz	Maritiem mobiel
99	5.45 MHz	5.48 MHz	Landmobiel
100	5.45 MHz	5.48 MHz	Luchtvaart
101	5.48 MHz	5.68 MHz	Luchtvaart
102	5.68 MHz	5.73 MHz	Luchtvaart
103	5.68 MHz	5.683 MHz	Noodverkeer
104	5.68 MHz	5.68 MHz	Maritiem mobiel schip
105	5.68 MHz	5.683 MHz	Maritiem mobiel wal
106	5.699 MHz	5.702 MHz	Luchtvaart
107	5.73 MHz	5.9 MHz	Landmobiel
108	5.9 MHz	5.95 MHz	Landmobiel
109	5.9 MHz	5.95 MHz	Omroep
110	5.95 MHz	6.2 MHz	Omroep
111	6.2 MHz	6.525 MHz	Maritiem mobiel
112	6.203 MHz	6.203 MHz	Maritiem mobiel schip
113	6.215 MHz	6.215 MHz	GMDSS (global maritime distress and safety system)
114	6.268 MHz	6.268 MHz	GMDSS
115	6.312 MHz	6.312 MHz	GMDSS
116	6.314 MHz	6.314 MHz	GMDSS
117	6.504 MHz	6.507 MHz	Maritiem mobiel wal
118	6.525 MHz	6.685 MHz	Luchtvaart
119	6.55 MHz	6.55 MHz	Maritiem mobiel schip
120	6.55 MHz	6.553 MHz	Maritiem mobiel wal
121	6.615 MHz	6.765 MHz	Inductieve systemen
122	6.685 MHz	6.765 MHz	Luchtvaart
123	6.765 MHz	6.795 MHz	Non specific SRD (short range devices)

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
124	6.765 MHz	7 MHz	Landmobiel
125	6.765 MHz	6.795 MHz	ISM banden
126	6.765 MHz	6.795 MHz	Inductieve systemen
127	6.795 MHz	6.945 MHz	Inductieve systemen
128	7 MHz	7.1 MHz	Amateurdienst
129	7.1 MHz	7.2 MHz	Amateurdienst
130	7.1 MHz	7.3 MHz	Omroep
131	7.3 MHz	7.35 MHz	Omroep
132	7.35 MHz	8.1 MHz	Landmobiel
133	7.4 MHz	8.8 MHz	Inductieve systemen
134	8.1 MHz	8.195 MHz	Maritiem mobiel schip
135	8.1 MHz	8.195 MHz	Maritiem mobiel wal
136	8.195 MHz	8.815 MHz	Maritiem mobiel wal
137	8.195 MHz	8.815 MHz	Maritiem mobiel schip
138	8.291 MHz	8.291 MHz	GMDSS
139	8.3766 MHz	8.3766 MHz	GMDSS
140	8.4145 MHz	8.4145 MHz	GMDSS
141	8.794 MHz	8.797 MHz	Maritiem mobiel wal
142	8.794 MHz	8.794 MHz	Maritiem mobiel schip
143	9.04 MHz	9.4 MHz	Mobiel
144	9.4 MHz	9.9 MHz	Omroep
145	9.995 MHz	10.003 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal

NB
Het international tijdsignaal DCF77 wordt uitgezonden op 77kHz. Hiervan maken bepaalde kloksystemen gebruik, het werkt met een combinatie van AM en PM (fase) modulatie.

Bijlage E: geïnduceerde spanningen per leidingeigenaar

Tabel 9: geïnduceerde spanningen per leidingeigenaar

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	BT Nederland	1855	x	
24-28	49-66	datatransport	BT Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	BT Nederland	1050	x	
28-31	68-81	datatransport	BT Nederland	751	x	
31-35	80-89	datatransport	BT Nederland	2211	x	
32-37	86-96	datatransport	BT Nederland	2211	x	
36-40	91-103	datatransport	BT Nederland	3180	x	
38-41	100-108	datatransport	BT Nederland	5290	x	
40-46	106-118	datatransport	BT Nederland	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	BT Nederland	1809	x	
58-60	142-147	datatransport	BT Nederland	1403	x	
59-62	147-153	datatransport	BT Nederland	1575	x	
62-64	153-158	datatransport	BT Nederland	1500	x	
63-65	157-163	datatransport	BT Nederland	921	x	
65-66	163-168	datatransport	BT Nederland	2157	x	
66-69	166-175	datatransport	BT Nederland	2712	x	
10-15	1-12	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1567	x	
14-16	9-16	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1329	x	
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1092	x	
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1187	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1221	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1315	x	
65-66	163-168	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	782	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1778	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1778	x	
40-46	106-118	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	986	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
44-49	118-119	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
44-49	kabel	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
53-55	129-135a	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	883	x	
62-64	153-158	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1188	x	
63-65	157-163	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	773	x	
65-66	163-168	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	867	x	
66-69	166-175	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1312	x	
21-24	33-48	datatransport	Colt Telecom	824	x	
24-28	49-66	datatransport	Colt Telecom	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Colt Telecom	810	x	
28-31	68-81	datatransport	Colt Telecom	810	x	
31-35	80-89	datatransport	Colt Telecom	1063	x	
32-37	86-96	datatransport	Colt Telecom	1063	x	
40-46	106-118	datatransport	Colt Telecom	817	x	
43-45	114-118	datatransport	Colt Telecom	1000	x	
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	848	x	
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1170	x	
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	868	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	2365	x	
55-57	135a-	buisleiding	Defensie Pijpleiding	1197	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
	141	gevaarlijke inhoud	Organisatie			
57-60	141-146	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	3101	x	
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1463	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1080	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	824	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1093	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1531	x	
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	958	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1600	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1125	x	
19-22	27-34	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1170	x	
21-24	33-48	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	897	x	
23-26	44-60	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1210	x	
24-28	49-66	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	798	x	
26-30	62-79	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	754	x	
28-31	68-81	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	829	x	
31-35	80-89	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1000	x	
36-40	91-103	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	2070	x	
38-41	100-108	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	2090	x	
43-45	114-118	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	851	x	
31-35	80-89	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1197	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
32-37	86-96	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1150	x	
36-40	91-103	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	917	x	
38-41	100-108	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	750	x	
31-35	80-89	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1176	x	
32-37	86-96	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1152	x	
36-40	91-103	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1176	x	
38-41	100-108	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	821	x	
24-28	49-66	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1172	x	
62-64	153-158	water	Dunea	1410	x	
63-65	157-163	water	Dunea	808	x	
63-65	157-163	water	Dunea	1064	x	
65-66	162-167	water	Dunea	3000	x	
65-66	163-168	water	Dunea	1062	x	
66-67	167-170	water	Dunea	1550	x	
66-69	166-175	water	Dunea	3840	x	
21-24	33-48	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	848	x	
21-24	33-48	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1414	x	
23-26	44-60	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1400	x	
24-28	49-66	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1985	x	
26-30	62-79	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	870	x	
28-31	68-81	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1125	x	
31-35	80-89	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
38-41	100-108	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1153	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1059	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	752	x	
23-26	44-60	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1400	x	
24-28	49-66	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	900	x	
28-31	68-81	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	798	x	
31-35	80-89	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1138	x	
36-40	91-103	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	814	x	
38-41	100-108	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1979	x	
40-46	106-118	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1090	x	
43-45	114-118	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	864	x	
31-35	80-89	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
32-37	86-96	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
36-40	91-103	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
10-15	1-12	datatransport	Eurofiber	1880	x	
14-16	9-16	datatransport	Eurofiber	912	x	
17-20	21-28	datatransport	Eurofiber	1622	x	
17-20	21-28	datatransport	Eurofiber	1755	x	
19-22	27-34	datatransport	Eurofiber	3597	x	
19-22	27-34	datatransport	Eurofiber	4052	x	
21-24	33-48	datatransport	Eurofiber	752	x	
26-30	62-79	datatransport	Eurofiber	759	x	
31-35	80-89	datatransport	Eurofiber	759	x	
32-37	86-96	datatransport	Eurofiber	759	x	
38-41	100-108	datatransport	Eurofiber	886	x	
50-53	122-129	datatransport	Eurofiber	828	x	
51-53	124-129	datatransport	Eurofiber	1044	x	
66-67	167-170	datatransport	Eurofiber	1230	x	
66-69	166-175	datatransport	Eurofiber	1648	x	
66-69	166-175	datatransport	Eurofiber	2250	x	
10-11	1-4	riool vrij verval	Gemeente Beverwijk	756	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	Gemeente Beverwijk	779	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
51-53	124-129	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	1068	x	
47-50	118-120	riool onder druk	Gemeente Kaag en Braassem	797	x	
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
44-49	118-119	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
44-49	kabel	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
51-53	124-129	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	1001	x	
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	924	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
44-49	118-119	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
44-49	kabel	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
50-53	122-129	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	805	x	
65-66	163-168	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	889	x	
59-61	146-152	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	890	x	
63-65	157-163	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	750	x	
65-66	163-168	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	1080	x	
10-15	1-12	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1080	x	
14-16	9-16	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1057	x	
19-22	27-34	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	789	x	
24-28	49-66	Datatransport	Global Crossing PEC Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	789	x	
28-31	68-81	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	2381	x	
28-32	69-83	Datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1604	x	
31-35	80-89	datatransport	Global Crossing PEC	1399	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Nederland			
75-83	30-32	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1399	x	
10-15	1-12	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1232	x	
23-26	44-60	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	901	x	
24-28	49-66	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	4463	x	
28-31	68-81	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	2732	x	
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
44-49	118-119	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
44-49	kabel	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	870	x	
44-49	118-119	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	870	x	
66-67	167-170	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	829	x	
23-26	44-60	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	901	x	
24-28	49-66	Datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	3600	x	
28-31	68-81	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	3600	x	
28-32	69-83	Datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1604	x	
31-35	80-89	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1378	x	
40-46	106-118	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1053	x	
43-45	114-118	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	948	x	
75-83	30-32	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1399	x	
10-11	1-4	datatransport	KPN	1614	x	
10-15	1-12	datatransport	KPN	6388	x	
14-16	9-16	datatransport	KPN	1477	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
15-18	13-22	datatransport	KPN	1445	x	
17-20	21-28	datatransport	KPN	1916	x	
17-20	21-28	datatransport	KPN	1630	x	
19-22	27-34	datatransport	KPN	1038	x	
19-22	27-34	datatransport	KPN	815	x	
21-24	33-48	datatransport	KPN	1259	x	
21-24	33-48	datatransport	KPN	1091	x	
23-26	44-60	datatransport	KPN	1600	x	
24-28	49-66	Datatransport	KPN	798	x	
26-30	62-79	datatransport	KPN	1013	x	
28-31	68-81	datatransport	KPN	2183	x	
31-35	80-89	datatransport	KPN	2183	x	
32-37	86-96	datatransport	KPN	2183	x	
36-40	91-103	datatransport	KPN	2043	x	
38-41	100-108	datatransport	KPN	3675	x	
40-46	106-118	datatransport	KPN	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	KPN	1013	x	
44-49	118-119	datatransport	KPN	1013	x	
44-49	kabel	datatransport	KPN	1013	x	
44-52	118-125	datatransport	KPN	1088	x	
47-50	118-120	datatransport	KPN	1804	x	
50-52	120-126	datatransport	KPN	874	x	
50-53	122-129	datatransport	KPN	944	x	
51-53	124-129	datatransport	KPN	944	x	
53-55	129-135a	datatransport	KPN	1353	x	
53-55	129-136	datatransport	KPN	1785	x	
55-58	136-142	datatransport	KPN	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	KPN	1728	x	
59-61	146-152	datatransport	KPN	975	x	
59-62	147-153	datatransport	KPN	1015	x	
61-63	152-157	datatransport	KPN	752	x	
63-65	157-163	datatransport	KPN	801	x	
63-65	157-163	datatransport	KPN	803	x	
65-66	162-167	datatransport	KPN	3000	x	
65-66	163-168	datatransport	KPN	1410	x	
66-67	167-170	datatransport	KPN	976	x	
66-69	166-175	datatransport	KPN	1640	x	
66-69	166-175	datatransport	KPN	1739	x	
75-83	30-32	datatransport	KPN	756	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
28-31	68-81	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
28-32	69-83	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	817	x	
31-35	80-89	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	756	x	
32-37	86-96	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
36-40	91-103	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
38-41	100-108	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
40-46	106-118	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
43-45	114-118	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	935	x	
75-83	30-32	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	779	x	
10-15	1-12	datatransport	Liander	1347	x	
15-18	13-22	datatransport	Liander	764	x	
17-20	21-28	datatransport	Liander	1386	x	
19-22	27-34	datatransport	Liander	828	x	
21-24	33-48	datatransport	Liander	2530	x	
21-24	33-48	datatransport	Liander	1032	x	
23-26	44-60	datatransport	Liander	2150	x	
24-28	49-66	Datatransport	Liander	3000	x	
26-30	62-79	datatransport	Liander	1050	x	
28-31	68-81	datatransport	Liander	1009	x	
31-35	80-89	datatransport	Liander	1292	x	
32-37	86-96	datatransport	Liander	975	x	
36-40	91-103	datatransport	Liander	857	x	
43-45	114-118	datatransport	Liander	1017	x	
44-49	118-119	datatransport	Liander	1017	x	
44-49	kabel	datatransport	Liander	1017	x	
44-52	118-125	datatransport	Liander	1073	x	
47-50	118-120	datatransport	Liander	1804	x	
55-58	136-142	datatransport	Liander	1804	x	
58-60	142-147	datatransport	Liander	1804	x	
59-62	147-153	datatransport	Liander	1804	x	
62-64	153-158	datatransport	Liander	3850	x	
63-65	157-163	datatransport	Liander	3850	x	
63-65	157-163	datatransport	Liander	3426	x	
65-66	162-167	datatransport	Liander	2352	x	
10-15	1-12	gas hoge druk	Liander	2352	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-49	118-119	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-49	kabel	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-52	118-125	gas hoge druk	Liander	960	x	
47-50	118-120	gas hoge druk	Liander	1025	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-58	136-142	gas hoge druk	Liander	1430	x	
58-60	142-147	gas hoge druk	Liander	1691	x	
59-62	147-153	gas hoge druk	Liander	1125	x	
61-63	152-157	gas hoge druk	Liander	760	x	
65-66	162-167	gas hoge druk	Liander	765	x	
10-15	1-12	gas lage druk	Liander	1218	x	
14-16	9-16	gas lage druk	Liander	765	x	
15-18	13-22	gas lage druk	Liander	1218	x	
43-45	114-118	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-49	118-119	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-49	kabel	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-52	118-125	gas lage druk	Liander	1246	x	
50-53	122-129	gas lage druk	Liander	801	x	
55-58	136-142	gas lage druk	Liander	1425	x	
58-60	142-147	gas lage druk	Liander	1425	x	
59-61	146-152	gas lage druk	Liander	916	x	
59-62	147-153	gas lage druk	Liander	1122	x	
63-65	157-163	gas lage druk	Liander	1209	x	
65-66	162-167	gas lage druk	Liander	1540	x	
10-15	1-12	hoogspanning	Liander	1569	x	
19-22	27-34	hoogspanning	Liander	1051	x	
21-24	33-48	hoogspanning	Liander	2405	x	
21-24	33-48	hoogspanning	Liander	1526	x	
23-26	44-60	hoogspanning	Liander	2138	x	
24-28	49-66	hoogspanning	Liander	3240	x	
26-30	62-79	hoogspanning	Liander	999	x	
28-31	68-81	hoogspanning	Liander	3010	x	
31-35	80-89	hoogspanning	Liander	901	x	
32-37	86-96	hoogspanning	Liander	1250	x	
36-40	91-103	hoogspanning	Liander	836	x	
38-41	100-108	hoogspanning	Liander	1000	x	
43-45	114-118	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-49	118-119	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-49	kabel	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-52	118-125	hoogspanning	Liander	788	x	
47-50	118-120	hoogspanning	Liander	1023	x	
50-52	120-126	hoogspanning	Liander	845	x	
10-11	1-4	laagspanning	Liander	772	x	
10-15	1-12	laagspanning	Liander	918	x	
17-20	21-28	laagspanning	Liander	762	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
17-20	21-28	laagspanning	Liander	1359	x	
19-22	27-34	laagspanning	Liander	963	x	
19-22	27-34	laagspanning	Liander	836	x	
21-24	33-48	laagspanning	Liander	892	x	
21-24	33-48	laagspanning	Liander	1663	x	
23-26	44-60	laagspanning	Liander	1400	x	
24-28	49-66	laagspanning	Liander	900	x	
31-35	80-89	laagspanning	Liander	2200	x	
32-37	86-96	laagspanning	Liander	1000	x	
36-40	91-103	laagspanning	Liander	893	x	
38-41	100-108	laagspanning	Liander	2092	x	
40-46	106-118	laagspanning	Liander	840	x	
43-45	114-118	laagspanning	Liander	1050	x	
44-49	118-119	laagspanning	Liander	1050	x	
44-49	kabel	laagspanning	Liander	1050	x	
44-52	118-125	laagspanning	Liander	950	x	
47-50	118-120	laagspanning	Liander	840	x	
50-53	122-129	laagspanning	Liander	980	x	
51-53	124-129	laagspanning	Liander	828	x	
55-57	135a-141	laagspanning	Liander	904	x	
58-60	142-147	laagspanning	Liander	772	x	
59-61	146-152	laagspanning	Liander	1177	x	
62-64	153-158	laagspanning	Liander	816	x	
63-65	157-163	laagspanning	Liander	956	x	
65-66	162-167	laagspanning	Liander	1500	x	
10-11	1-4	middenspanning	Liander	1229	x	
10-15	1-12	middenspanning	Liander	1023	x	
14-16	9-16	middenspanning	Liander	904	x	
15-18	13-22	middenspanning	Liander	1048	x	
17-20	21-28	middenspanning	Liander	1239	x	
17-20	21-28	middenspanning	Liander	1016	x	
19-22	27-34	middenspanning	Liander	1044	x	
19-22	27-34	middenspanning	Liander	1590	x	
21-24	33-48	middenspanning	Liander	875	x	
21-24	33-48	middenspanning	Liander	1591	x	
23-26	44-60	middenspanning	Liander	1400	x	
24-28	49-66	middenspanning	Liander	769	x	
26-30	62-79	middenspanning	Liander	799	x	
28-31	68-81	middenspanning	Liander	1138	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
31-35	80-89	middenspanning	Liander	1000	x	
32-37	86-96	middenspanning	Liander	1000	x	
36-40	91-103	middenspanning	Liander	4440	x	
38-41	100-108	middenspanning	Liander	1138	x	
40-46	106-118	middenspanning	Liander	1356	x	
43-45	114-118	middenspanning	Liander	1000	x	
44-49	118-119	middenspanning	Liander	4440	x	
44-49	kabel	middenspanning	Liander	1138	x	
44-52	118-125	middenspanning	Liander	2005	x	
47-50	118-120	middenspanning	Liander	784	x	
50-53	122-129	middenspanning	Liander	1105	x	
51-53	124-129	middenspanning	Liander	813	x	
55-58	136-142	middenspanning	Liander	1430	x	
58-60	142-147	middenspanning	Liander	1738	x	
59-61	146-152	middenspanning	Liander	1115	x	
59-62	147-153	middenspanning	Liander	1050	x	
61-63	152-157	middenspanning	Liander	752	x	
62-64	153-158	middenspanning	Liander	3850	x	
63-65	157-163	middenspanning	Liander	822	x	
63-65	157-163	middenspanning	Liander	1070	x	
65-66	162-167	middenspanning	Liander	3000	x	
23-26	44-60	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	1187	x	
24-28	49-66	Datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	1125	x	
31-35	80-89	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	945	x	
23-26	44-60	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	890	x	
31-35	80-89	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	891	x	
10-15	1-12	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1394	x	
14-16	9-16	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1384	x	
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	2238	x	
19-22	27-34	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	851	x	
19-22	27-34	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1093	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
26-30	62-79	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1527	x	
28-31	68-81	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3752	x	
28-32	69-83	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1968	x	
31-35	80-89	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	920	x	
32-37	86-96	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	954	x	
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	2365	x	
55-57	135a-141	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1671	x	
57-60	141-146	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3610	x	
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1377	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3608	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3608	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3450	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1056	x	
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	900	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1224	x	
75-83	30-32	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1399	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-11	1-4	gas hoge druk	N.V. Nederlandse Gasunie West	2459	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	Nederlandse Aardolie Maatschappij	750	x	
10-15	1-12	datatransport	NetShare	1752	x	
43-45	114-118	water	Oasen	1041	x	
44-49	118-119	water	Oasen	1041	x	
44-49	kabel	water	Oasen	1041	x	
44-52	118-125	water	Oasen	1323	x	
47-50	118-120	water	Oasen	851	x	
50-53	122-129	water	Oasen	875	x	
51-53	124-129	water	Oasen	1087	x	
53-55	129-135a	water	Oasen	859	x	
53-55	129-136	water	Oasen	1071	x	
55-58	136-142	water	Oasen	781	x	
58-60	142-147	water	Oasen	1660	x	
59-61	146-152	water	Oasen	1660	x	
59-62	147-153	water	Oasen	1132	x	
61-63	152-157	water	Oasen	802	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Pipeline Control OCAP Secundait	914	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Pipeline Control OCAP Secundait	1614	x	
10-15	1-12	datatransport	ProRail	884	x	
31-35	80-89	datatransport	ProRail	1021	x	
32-37	86-96	datatransport	ProRail	4076	x	
36-40	91-103	datatransport	ProRail	3304	x	
38-41	100-108	datatransport	ProRail	5290	x	
40-46	106-118	datatransport	ProRail	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	ProRail	1425	x	
66-69	166-175	datatransport	ProRail	1250	x	
32-37	86-96	laagspanning	ProRail	1638	x	
32-37	86-96	middenspanning	ProRail	1638	x	
36-40	91-103	middenspanning	ProRail	2170	x	
38-41	100-108	middenspanning	ProRail	4204	x	
21-24	33-48	overig	ProRail	1181	x	
21-24	33-48	overig	ProRail	1073	x	
51-53	124-129	datatransport	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	761	x	
55-58	136-142	laagspanning	Provincie Zuid-Holland	810	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			TSO p/a Van den Berg			
10-11	1-4	water	PWN Heemskerk	1266	x	
14-16	9-16	water	PWN Heemskerk	766	x	
17-20	21-28	water	PWN Heemskerk	1132	x	
19-22	27-34	water	PWN Heemskerk	4793	x	
19-22	27-34	water	PWN Heemskerk	4990	x	
21-24	33-48	water	PWN Heemskerk	1771	x	
21-24	33-48	water	PWN Heemskerk	1235	x	
23-26	44-60	water	PWN Heemskerk	1400	x	
24-28	49-66	water	PWN Heemskerk	7749	x	
28-31	68-81	water	PWN Heemskerk	2142	x	
31-35	80-89	water	PWN Heemskerk	1000	x	
32-37	86-96	water	PWN Heemskerk	1000	x	
36-40	91-103	water	PWN Heemskerk	2856	x	
38-41	100-108	water	PWN Heemskerk	1889	x	
40-46	106-118	water	PWN Heemskerk	1310	x	
43-45	114-118	water	PWN Heemskerk	935	x	
14-16	9-16	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	823	x	
24-28	49-66	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	920	x	
24-28	49-66	middenspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	828	x	
10-15	1-12	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	3932	x	
14-16	9-16	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	1245	x	
24-28	49-66	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	974	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	Recreatie Noord-Holland N.V.	1932	x	
24-28	49-66	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	1285	x	
55-57	135a-141	datatransport	Reggefiber Operator	1245	x	
10-11	1-4	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1185	x	
10-15	1-12	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1482	x	
28-31	68-81	datatransport	Relined City p/a v.d.	1575	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Berg infrastructuren B.V.			
28-32	69-83	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
31-35	80-89	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
32-37	86-96	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
75-83	30-32	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	779	x	
10-11	1-4	datatransport	RWS Alkmaar	1575	x	
10-15	1-12	datatransport	RWS Alkmaar	798	x	
14-16	9-16	datatransport	RWS Alkmaar	779	x	
17-20	21-28	datatransport	RWS Alkmaar	1914	x	
17-20	21-28	datatransport	RWS Alkmaar	779	x	
19-22	27-34	datatransport	RWS Alkmaar	2811	x	
21-24	33-48	datatransport	RWS Alkmaar	1107	x	
10-15	1-12	laagspanning	RWS Alkmaar	2759	x	
17-20	21-28	laagspanning	RWS Alkmaar	2260	x	
17-20	21-28	laagspanning	RWS Alkmaar	1575	x	
19-22	27-34	laagspanning	RWS Alkmaar	2906	x	
21-24	33-48	laagspanning	RWS Alkmaar	1120	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	RWS Alkmaar	918	x	
17-20	21-28	riool vrij verval	RWS Alkmaar	1050	x	
21-24	33-48	riool vrijverval	RWS Alkmaar	857	x	
31-35	80-89	datatransport	RWS Amsterdam	1240	x	
32-37	86-96	datatransport	RWS Amsterdam	944	x	
40-46	106-118	datatransport	RWS Amsterdam	1034	x	
43-45	114-118	datatransport	RWS Amsterdam	1175	x	
31-35	80-89	laagspanning	RWS Amsterdam	1015	x	
32-37	86-96	laagspanning	RWS Amsterdam	927	x	
40-46	106-118	laagspanning	RWS Amsterdam	1231	x	
43-45	114-118	laagspanning	RWS Amsterdam	1200	x	
31-35	80-89	riool vrij verval	RWS Amsterdam	940	x	
32-37	86-96	riool vrij verval	RWS Amsterdam	990	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	RWS Amsterdam	1285	x	
44-52	118-125	datatransport	RWS ZH Wegendistrict	1000	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Haaglanden			
50-53	122-129	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1000	x	
51-53	124-129	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1000	x	
66-67	167-170	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1110	x	
66-69	166-175	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1500	x	
43-45	114-118	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-49	118-119	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-49	kabel	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-52	118-125	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1434	x	
47-50	118-120	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1205	x	
50-53	122-129	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1102	x	
51-53	124-129	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1563	x	
66-69	166-175	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1980	x	
51-53	124-129	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	2205	x	
66-67	167-170	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	2200	x	
31-35	80-89	datatransport	Schiphol Telematics	981	x	
51-53	124-129	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1153	x	
55-58	136-142	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	2200	x	
59-62	147-153	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	2200	x	
61-63	152-157	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom	760	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Services			
66-67	167-170	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1181	x	
66-69	166-175	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1181	x	
31-35	80-89	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	1438	x	
32-37	86-96	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	1438	x	
66-69	166-175	datatransport	Stedin	1620	x	
17-20	21-28	gas hoge druk	Stedin	1534	x	
17-20	21-28	gas hoge druk	Stedin	1286	x	
19-22	27-34	gas hoge druk	Stedin	1813	x	
66-69	166-175	gas hoge druk	Stedin	878	x	
10-11	1-4	gas lage druk	Stedin	1286	x	
10-15	1-12	gas lage druk	Stedin	1298	x	
19-22	27-34	gas lage druk	Stedin	1813	x	
66-69	166-175	gas lage druk	Stedin	1411	x	
66-69	166-175	hoogspanning	Stedin	1246	x	
63-65	157-163	laagspanning	Stedin	824	x	
65-66	163-168	laagspanning	Stedin	1009	x	
66-69	166-175	laagspanning	Stedin	1080	x	
66-69	166-175	laagspanning	Stedin	1884	x	
59-61	146-152	middenspanning	Stedin	1088	x	
62-64	153-158	middenspanning	Stedin	2375	x	
63-65	157-163	middenspanning	Stedin	1360	x	
65-66	163-168	middenspanning	Stedin	1200	x	
66-67	167-170	middenspanning	Stedin	1284	x	
66-69	166-175	middenspanning	Stedin	2090	x	
10-15	1-12	datatransport	Tele2 Nederland	824	x	
14-16	9-16	datatransport	Tele2 Nederland	1360	x	
19-22	27-34	datatransport	Tele2 Nederland	1200	x	
24-28	49-66	Datatransport	Tele2 Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Tele2 Nederland	892	x	
28-31	68-81	datatransport	Tele2 Nederland	2042	x	
28-32	69-83	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
31-35	80-89	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
32-37	86-96	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
55-58	136-142	datatransport	Tele2 Nederland	1360	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-67	167-170	datatransport	Tele2 Nederland	1303	x	
66-69	166-175	datatransport	Tele2 Nederland	1242	x	
66-69	166-175	datatransport	Tele2 Nederland	2400	x	
75-83	30-32	datatransport	Tele2 Nederland	794	x	
55-57	135a-141	datatransport	TenneT TSO	752	x	
57-60	141-146	datatransport	TenneT TSO	2785	x	
58-60	142-147	datatransport	TenneT TSO	1425	x	
59-61	146-152	datatransport	TenneT TSO	1330	x	
59-62	147-153	datatransport	TenneT TSO	5460	x	
62-64	153-158	datatransport	TenneT TSO	1400	x	
63-65	157-163	datatransport	TenneT TSO	1008	x	
65-66	163-168	datatransport	TenneT TSO	1002	x	
66-69	166-175	datatransport	TenneT TSO	1003	x	
55-57	135a-141	hoogspanning	TenneT TSO	2785	x	
57-60	141-146	hoogspanning	TenneT TSO	5500	x	
58-60	142-147	hoogspanning	TenneT TSO	1400	x	
59-61	146-152	hoogspanning	TenneT TSO	1463	x	
59-62	147-153	hoogspanning	TenneT TSO	794	x	
61-63	152-157	hoogspanning	TenneT TSO	5500	x	
62-64	153-158	hoogspanning	TenneT TSO	3900	x	
63-65	157-163	hoogspanning	TenneT TSO	1712	x	
63-65	157-163	hoogspanning	TenneT TSO	1488	x	
65-66	163-168	hoogspanning	TenneT TSO	1204	x	
10-15	1-12	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	4248	x	
14-16	9-16	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2948	x	
15-18	13-22	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5159	x	
17-20	21-28	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	6212	x	
17-20	21-28	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5764	x	
19-22	27-34	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5123	x	
19-22	27-34	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2042	x	
21-24	33-48	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2066	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	990	x	
23-26	44-60	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2625	x	
24-28	49-66	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2142	x	
51-53	124-129	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1843	x	
53-55	129-135a	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	3780	x	
53-55	129-136	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	3014	x	
59-61	146-152	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5200	x	
59-62	147-153	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5500	x	
61-63	152-157	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5500	x	
62-64	153-158	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2750	x	
63-65	157-163	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	972	x	
65-66	162-167	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	854	x	
66-67	167-170	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1202	x	
66-69	166-175	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1354	x	
19-22	27-34	datatransport	UPC	773	x	
24-28	49-66	Datatransport	UPC	810	x	
28-32	69-83	datatransport	UPC	817	x	
66-69	166-175	datatransport	UPC	1006	x	
66-69	166-175	datatransport	UPC	2400	x	
75-83	30-32	datatransport	UPC	779	x	
10-15	1-12	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	954	x	
14-16	9-16	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1305	x	
15-18	13-22	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1354	x	
17-20	21-28	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	992	x	
28-31	68-81	datatransport	Verizon p/a Van den	3891	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Berg			
31-35	80-89	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	3891	x	
32-37	86-96	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	3891	x	
36-40	91-103	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	900	x	
38-41	100-108	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1481	x	
53-55	129-135a	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	2412	x	
55-57	135a-141	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1836	x	
58-60	142-147	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1626	x	
59-62	147-153	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1470	x	
61-63	152-157	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1400	x	
62-64	153-158	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1400	x	
63-65	157-163	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1020	x	
65-66	163-168	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1725	x	
66-67	167-170	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	871	x	
66-69	166-175	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1320	x	
24-28	49-66	Datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	810	x	
10-15	1-12	water	Waternet	2030	x	
14-16	9-16	water	Waternet	1451	x	
15-18	13-22	water	Waternet	875	x	
17-20	21-28	water	Waternet	2091	x	
17-20	21-28	water	Waternet	1595	x	
19-22	27-34	water	Waternet	2005	x	
21-24	33-48	water	Waternet	788	x	
21-24	33-48	water	Waternet	903	x	
23-26	44-60	water	Waternet	1071	x	
24-28	49-66	water	Waternet	3682	x	
31-35	80-89	water	Waternet	806	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	927	x	
14-16	9-16	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	846	x	
15-18	13-22	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1165	x	
17-20	21-28	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1130	x	
19-22	27-34	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1220	x	
19-22	27-34	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1987	x	
24-28	49-66	Datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	900	x	
26-30	62-79	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1130	x	
28-31	68-81	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1987	x	
31-35	80-89	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1015	x	
32-37	86-96	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1015	x	
36-40	91-103	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	780	x	
38-41	100-108	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1002	x	
43-45	114-118	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
44-49	118-119	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
44-49	kabel	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
47-50	118-120	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	860	x	
55-58	136-142	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
59-62	147-153	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
61-63	152-157	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
62-64	153-158	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1349	x	
63-65	157-163	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	960	x	
65-66	163-168	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1740	x	
66-69	166-175	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	886	x	
66-69	166-175	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1838	x	
75-83	30-32	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	796	x	
45-50	118-119	Alle soorten	Alle tekeningen	180		x
10-11	1-4	datatransport	BT Nederland	102		x
19-22	27-34	datatransport	BT Nederland	484		x
19-22	27-34	datatransport	BT Nederland	293		x
61-63	152-157	datatransport	BT Nederland	709		x
66-69	166-175	datatransport	BT Nederland	553		x
15-18	13-22	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	235		x
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	244		x
23-26	44-60	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
26-30	62-79	buisleiding	Chevron/ VWS pipeline	1		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
		gevaarlijke inhoud	control			
28-31	68-81	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	2		x
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	363		x
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	617		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	30		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	617		x
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	261		x
55-57	135a-141	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	202		x
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
23-26	44-60	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
26-30	62-79	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
28-31	68-81	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
36-40	91-103	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
38-41	100-108	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	65		x
44-52	118-125	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
47-50	118-120	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	16		x
50-53	122-129	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	202		x
53-55	129-136	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
55-57	135a-141	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	174		x
59-61	146-152	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	461		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	560		x
14-16	9-16	datatransport	Colt Telecom	0		x
19-22	27-34	datatransport	Colt Telecom	0		x
19-22	27-34	datatransport	Colt Telecom	0		x
21-24	33-48	datatransport	Colt Telecom	245		x
28-32	69-83	Datatransport	Colt Telecom	0		x
36-40	91-103	datatransport	Colt Telecom	143		x
38-41	100-108	datatransport	Colt Telecom	196		x
75-83	30-32	datatransport	Colt Telecom	0		x
31-35	80-89	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	578		x
32-37	86-96	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	630		x
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	668		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	89		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	261		x
61-63	152-157	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
31-35	80-89	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	1		x
32-37	86-96	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	1		x
43-45	114-118	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-49	118-119	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-49	kabel	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-52	118-125	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	11		x
55-57	135a-141	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	68		x
62-64	153-158	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	11		x
63-65	157-163	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	289		x
66-67	167-170	laagspanning	Defensie Pijpleiding	708		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Organisatie			
66-69	166-175	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
21-24	33-48	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	525		x
28-32	69-83	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	142		x
40-46	106-118	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	450		x
75-83	30-32	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	217		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	18		x
21-24	33-48	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	185		x
21-24	33-48	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	18		x
23-26	44-60	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	208		x
24-28	49-66	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	241		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	158		x
28-31	68-81	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	420		x
40-46	106-118	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	176		x
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	405		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	38		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
26-30	62-79	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	220		x
28-31	68-81	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	345		x
40-46	106-118	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	357		x
43-45	114-118	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	270		x
21-24	33-48	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	77		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
23-26	44-60	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	210		x
28-32	69-83	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
75-83	30-32	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
66-69	166-175	middenspanning	Dunea	0		x
61-63	152-157	water	Dunea	43		x
66-69	166-175	water	Dunea	483		x
19-22	27-34	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	333		x
36-40	91-103	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	348		x
40-46	106-118	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	377		x
19-22	27-34	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	38		x
21-24	33-48	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	375		x
26-30	62-79	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	264		x
10-15	1-12	datatransport	Eneco	105		x
38-41	100-108	datatransport	euNetwerks/ Adinf	51		x
15-18	13-22	datatransport	Eurofiber	553		x
21-24	33-48	datatransport	Eurofiber	525		x
28-31	68-81	datatransport	Eurofiber	395		x
36-40	91-103	datatransport	Eurofiber	395		x
50-52	120-126	datatransport	Eurofiber	0		x
53-55	129-135a	datatransport	Eurofiber	86		x
55-57	135a-141	datatransport	Eurofiber	569		x
55-58	136-142	datatransport	Eurofiber	352		x
65-66	162-167	datatransport	Eurofiber	50		x
10-11	1-4	laagspanning	Gemeente Beverwijk	733		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Beverwijk	0		x
10-15	1-12	riool onder druk	Gemeente Beverwijk	576		x
10-11	1-4	riool onder hoge druk	Gemeente Beverwijk	675		x
14-16	9-16	datatransport	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	datatransport	Gemeente Haarlem	27		x
21-24	33-48	datatransport	Gemeente Haarlem	16		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
14-16	9-16	laagspanning	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlem	16		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlem	4		x
24-28	49-66	laagspanning	Gemeente Haarlem	20		x
14-16	9-16	overig	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	overig	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	overig	Gemeente Haarlem	53		x
24-28	49-66	overig	Gemeente Haarlem	0		x
14-16	9-16	riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlem	305		x
24-28	49-66	riool onder druk	Gemeente Haarlem	34		x
14-16	9-16	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	54		x
24-28	49-66	riool vrijverval	Gemeente Haarlem	0		x
15-18	13-22	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	591		x
17-20	21-28	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	349		x
17-20	21-28	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	465		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	79		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	232		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	143		x
15-18	13-22	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	54		x
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede	333		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Spaarnwoude			
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	570		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	38		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	308		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	38		x
15-18	13-22	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
17-20	21-28	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	155		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	462		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	199		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	18		x
21-24	33-48	riool vrijverval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	275		x
43-45	114-118	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
44-49	118-119	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
44-49	kabel	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
47-50	118-120	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	0		x
43-45	114-118	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
44-49	118-119	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x
44-49	kabel	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x
44-52	118-125	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	83		x
47-50	118-120	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	73		x
50-52	120-126	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	97		x
50-52	120-126	riool onder druk	Gemeente Kaag en Braassem	700		x
44-52	118-125	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	633		x
50-53	122-129	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	513		x
53-55	129-136	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	126		x
44-52	118-125	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	413		x
50-52	120-126	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	0		x
51-53	124-129	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	124		x
47-50	118-120	riool vrijverval	Gemeente Kaag en Braassem	510		x
43-45	114-118	water	Gemeente Kaag en Braassem	196		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	544		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	0		x
65-66	163-168	riool vrij verval	Gemeente Lansingerland	45		x
66-69	166-175	riool vrij verval	Gemeente Lansingerland	0		x
50-52	120-126	overig	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	overig	Gemeente Leiderdorp	188		x
50-52	120-126	riool onder druk	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	236		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	80		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	360		x
50-52	120-126	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	492		x
53-55	129-135a	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	83		x
55-57	135a-141	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	13		x
55-58	136-142	datatransport	Gemeente Rijnwoude	158		x
53-55	129-136	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	158		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	495		x
55-58	136-142	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	183		x
57-60	141-146	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	20		x
58-60	142-147	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	36		x
59-62	147-153	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	242		x
62-64	153-158	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	361		x
55-57	135a-141	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	203		x
55-58	136-142	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	500		x
58-60	142-147	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	165		x
59-62	147-153	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	587		x
62-64	153-158	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	342		x
10-15	1-12	datatransport	Gemeente Velsen	0		x
10-11	1-4	laagspanning	Gemeente Velsen	120		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Velsen	343		x
14-16	9-16	laagspanning	Gemeente Velsen	276		x
10-11	1-4	riool vrij verval	Gemeente Velsen	0		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Gemeente Velsen	490		x
14-16	9-16	riool vrij verval	Gemeente Velsen	336		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Zaanstad	106		x
15-18	13-22	riool vrij verval	Gemeente Zaanstad	0		x
63-65	157-163	datatransport	Gemeente Zoetermeer	108		x
65-66	163-168	datatransport	Gemeente Zoetermeer	417		x
66-69	166-175	datatransport	Gemeente Zoetermeer	459		x
66-69	166-175	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	305		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	0		x
63-65	157-163	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	390		x
65-66	163-168	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	482		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	233		x
63-65	157-163	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	550		x
65-66	163-168	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	520		x
66-69	166-175	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	291		x
53-55	129-135a	laagspanning	Gemeente Zoeterwoude	0		x
55-57	135a-141	laagspanning	Gemeente Zoeterwoude	0		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Zoeterwoude	15		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Zoeterwoude	50		x
65-66	162-167	overig	Gemeente Zuidplas	113		x
65-66	162-167	riool onder hoge druk	Gemeente Zuidplas	264		x
66-67	167-170	riool onder hoge druk	Gemeente Zuidplas	284		x
65-66	162-167	riool vrij verval	Gemeente Zuidplas	330		x
66-67	167-170	riool vrij verval	Gemeente Zuidplas	193		x
21-24	33-48	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	672		x
21-24	33-48	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	300		x
32-37	86-96	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1		x
10-15	1-12	riool onder druk	Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier	381		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier	47		x
14-16	9-16	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	292		x
17-20	21-28	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	510		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	256		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
28-32	69-83	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	253		x
75-83	30-32	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	249		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	229		x
36-40	91-103	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	79		x
38-41	100-108	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	78		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	15		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	152		x
55-58	136-142	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	125		x
58-60	142-147	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	96		x
59-62	147-153	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	100		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	17		x
44-49	kabel	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	581		x
44-52	118-125	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	20		x
50-53	122-129	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	29		x
65-66	162-167	laagspanning	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	42		x
66-69	166-175	laagspanning	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	0		x
65-66	162-167	overig	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	558		x
66-67	167-170	overig	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	0		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	497		x
66-69	166-175	riool onder hoge	Hoogheemraadschap	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
		druk	Schieland en Krimpenerwaard			
65-66	162-167	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	613		x
66-67	167-170	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	588		x
66-69	166-175	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	48		x
26-30	62-79	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	338		x
32-37	86-96	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1		x
36-40	91-103	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1		x
38-41	100-108	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	205		x
28-32	69-83	datatransport	KPN	0		x
55-57	135a-141	datatransport	KPN	624		x
57-60	141-146	datatransport	KPN	678		x
26-30	62-79	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1		x
10-11	1-4	datatransport	Liander	444		x
14-16	9-16	datatransport	Liander	167		x
17-20	21-28	datatransport	Liander	643		x
19-22	27-34	datatransport	Liander	464		x
28-32	69-83	datatransport	Liander	0		x
38-41	100-108	datatransport	Liander	543		x
40-46	106-118	datatransport	Liander	59		x
50-53	122-129	datatransport	Liander	541		x
51-53	124-129	datatransport	Liander	101		x
53-55	129-135a	datatransport	Liander	70		x
55-57	135a-141	datatransport	Liander	70		x
59-61	146-152	datatransport	Liander	332		x
61-63	152-157	datatransport	Liander	469		x
75-83	30-32	datatransport	Liander	7		x
14-16	9-16	gas hoge druk	Liander	642		x
15-18	13-22	gas hoge druk	Liander	587		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
19-22	27-34	gas hoge druk	Liander	16		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Liander	59		x
24-28	49-66	gas hoge druk	Liander	0		x
50-52	120-126	gas hoge druk	Liander	0		x
50-53	122-129	gas hoge druk	Liander	275		x
53-55	129-135a	gas hoge druk	Liander	49		x
55-57	135a-141	gas hoge druk	Liander	581		x
59-61	146-152	gas hoge druk	Liander	665		x
62-64	153-158	gas hoge druk	Liander	579		x
65-66	163-168	gas hoge druk	Liander	700		x
66-67	167-170	gas hoge druk	Liander	413		x
66-69	166-175	gas hoge druk	Liander	22		x
17-20	21-28	gas lage druk	Liander	0		x
19-22	27-34	gas lage druk	Liander	125		x
21-24	33-48	gas lage druk	Liander	259		x
24-28	49-66	gas lage druk	Liander	0		x
47-50	118-120	gas lage druk	Liander	443		x
50-52	120-126	gas lage druk	Liander	186		x
51-53	124-129	gas lage druk	Liander	290		x
53-55	129-135a	gas lage druk	Liander	141		x
53-55	129-136	gas lage druk	Liander	108		x
55-57	135a-141	gas lage druk	Liander	633		x
57-60	141-146	gas lage druk	Liander	135		x
61-63	152-157	gas lage druk	Liander	180		x
62-64	153-158	gas lage druk	Liander	326		x
65-66	163-168	gas lage druk	Liander	230		x
66-67	167-170	gas lage druk	Liander	391		x
66-69	166-175	gas lage druk	Liander	287		x
10-11	1-4	hoogspanning	Liander	400		x
14-16	9-16	hoogspanning	Liander	441		x
17-20	21-28	hoogspanning	Liander	512		x
19-22	27-34	hoogspanning	Liander	65		x
53-55	129-135a	hoogspanning	Liander	15		x
55-57	135a-141	hoogspanning	Liander	630		x
55-58	136-142	hoogspanning	Liander	350		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
14-16	9-16	laagspanning	Liander	577		x
15-18	13-22	laagspanning	Liander	516		x
26-30	62-79	laagspanning	Liander	246		x
28-31	68-81	laagspanning	Liander	675		x
28-32	69-83	laagspanning	Liander	364		x
50-52	120-126	laagspanning	Liander	643		x
53-55	129-135a	laagspanning	Liander	141		x
53-55	129-136	laagspanning	Liander	108		x
55-58	136-142	laagspanning	Liander	673		x
57-60	141-146	laagspanning	Liander	574		x
59-62	147-153	laagspanning	Liander	534		x
61-63	152-157	laagspanning	Liander	81		x
63-65	157-163	laagspanning	Liander	652		x
65-66	163-168	laagspanning	Liander	2		x
75-83	30-32	laagspanning	Liander	392		x
28-32	69-83	middenspanning	Liander	125		x
50-52	120-126	middenspanning	Liander	638		x
53-55	129-135a	middenspanning	Liander	141		x
53-55	129-136	middenspanning	Liander	25		x
55-57	135a-141	middenspanning	Liander	588		x
57-60	141-146	middenspanning	Liander	141		x
66-67	167-170	middenspanning	Liander	727		x
75-83	30-32	middenspanning	Liander	85		x
21-24	33-48	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	171		x
26-30	62-79	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	181		x
28-31	68-81	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	209		x
32-37	86-96	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	195		x
21-24	33-48	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	142		x
24-28	49-66	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	300		x
26-30	62-79	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	189		x
28-31	68-81	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	421		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
32-37	86-96	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	85		x
10-11	1-4	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	209		x
15-18	13-22	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	456		x
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	674		x
21-24	33-48	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	250		x
23-26	44-60	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
24-28	49-66	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	647		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	40		x
50-52	120-126	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	224		x
51-53	124-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	648		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	290		x
55-58	136-142	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	220		x
61-63	152-157	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	706		x
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	Nederlandse Aardolie Maatschappij	216		x
65-66	162-167	datatransport	Nederlandse Aardolie Maatschappij	135		x
66-67	167-170	datatransport	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	middenspanning	Nederlandse Aardolie Maatschappij	49		x
17-20	21-28	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
51-53	124-129	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
62-64	153-158	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
63-65	157-163	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	96		x
65-66	163-168	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	water	Nederlandse Aardolie Maatschappij	125		x
66-67	167-170	water	Nederlandse Aardolie Maatschappij	241		x
10-11	1-4	datatransport	NetShare	162		x
15-18	13-22	datatransport	NetShare	742		x
55-58	136-142	datatransport	Oasen	81		x
43-45	114-118	laagspanning	Oasen	3		x
44-49	118-119	laagspanning	Oasen	3		x
44-49	kabel	laagspanning	Oasen	3		x
44-52	118-125	laagspanning	Oasen	36		x
47-50	118-120	laagspanning	Oasen	0		x
50-53	122-129	laagspanning	Oasen	16		x
51-53	124-129	laagspanning	Oasen	25		x
53-55	129-135a	laagspanning	Oasen	4		x
55-57	135a-141	laagspanning	Oasen	16		x
55-58	136-142	laagspanning	Oasen	116		x
59-62	147-153	laagspanning	Oasen	14		x
44-52	118-125	overig	Oasen	0		x
47-50	118-120	overig	Oasen	5		x
50-53	122-129	overig	Oasen	0		x
51-53	124-129	overig	Oasen	29		x
59-62	147-153	overig	Oasen	12		x
40-46	106-118	water	Oasen	60		x
50-52	120-126	water	Oasen	531		x
55-57	135a-141	water	Oasen	660		x
57-60	141-146	water	Oasen	180		x
19-22	27-34	datatransport	ProRail	264		x
19-22	27-34	datatransport	ProRail	286		x
21-24	33-48	datatransport	ProRail	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-57	135a-141	datatransport	ProRail	208		x
55-58	136-142	datatransport	ProRail	143		x
57-60	141-146	datatransport	ProRail	0		x
59-61	146-152	datatransport	ProRail	0		x
62-64	153-158	datatransport	ProRail	0		x
63-65	157-163	datatransport	ProRail	0		x
65-66	163-168	datatransport	ProRail	0		x
66-67	167-170	datatransport	ProRail	551		x
66-69	166-175	datatransport	ProRail	600		x
19-22	27-34	laagspanning	ProRail	7		x
31-35	80-89	laagspanning	ProRail	350		x
36-40	91-103	laagspanning	ProRail	400		x
38-41	100-108	laagspanning	ProRail	172		x
55-57	135a-141	laagspanning	ProRail	50		x
55-58	136-142	laagspanning	ProRail	8		x
57-60	141-146	laagspanning	ProRail	0		x
59-61	146-152	laagspanning	ProRail	0		x
62-64	153-158	laagspanning	ProRail	0		x
63-65	157-163	laagspanning	ProRail	0		x
65-66	163-168	laagspanning	ProRail	0		x
66-67	167-170	laagspanning	ProRail	30		x
66-69	166-175	laagspanning	ProRail	75		x
66-69	166-175	laagspanning	ProRail	0		x
10-15	1-12	middenspanning	ProRail	241		x
19-22	27-34	middenspanning	ProRail	126		x
19-22	27-34	middenspanning	ProRail	208		x
31-35	80-89	middenspanning	ProRail	446		x
40-46	106-118	middenspanning	ProRail	455		x
55-57	135a-141	middenspanning	ProRail	100		x
55-58	136-142	middenspanning	ProRail	116		x
57-60	141-146	middenspanning	ProRail	0		x
59-61	146-152	middenspanning	ProRail	0		x
62-64	153-158	middenspanning	ProRail	0		x
63-65	157-163	middenspanning	ProRail	0		x
65-66	163-168	middenspanning	ProRail	0		x
66-67	167-170	middenspanning	ProRail	700		x
66-69	166-175	middenspanning	ProRail	500		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	overig	ProRail	0		x
19-22	27-34	overig	ProRail	585		x
19-22	27-34	overig	ProRail	140		x
26-30	62-79	overig	ProRail	0		x
31-35	80-89	overig	ProRail	0		x
32-37	86-96	overig	ProRail	0		x
36-40	91-103	overig	ProRail	0		x
38-41	100-108	overig	ProRail	0		x
40-46	106-118	overig	ProRail	0		x
43-45	114-118	overig	ProRail	0		x
55-57	135a-141	overig	ProRail	112		x
55-58	136-142	overig	ProRail	162		x
57-60	141-146	overig	ProRail	0		x
59-61	146-152	overig	ProRail	0		x
62-64	153-158	overig	ProRail	0		x
63-65	157-163	overig	ProRail	0		x
65-66	163-168	overig	ProRail	0		x
66-67	167-170	overig	ProRail	196		x
66-69	166-175	overig	ProRail	0		x
66-69	166-175	overig	ProRail	0		x
50-52	120-126	datatransport	Provincie Zuid Holland TSO p/a Van den Berg	0		x
43-45	114-118	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
44-49	118-119	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
44-49	kabel	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
59-62	147-153	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	276		x
66-69	166-175	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	250		x
26-30	62-79	hoogspanning	PWN Heemskerk	53		x
10-15	1-12	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
14-16	9-16	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
19-22	27-34	laagspanning	PWN Heemskerk	5		x
19-22	27-34	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
24-28	49-66	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
26-30	62-79	laagspanning	PWN Heemskerk	195		x
31-35	80-89	laagspanning	PWN Heemskerk	30		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
38-41	100-108	laagspanning	PWN Heemskerk	5		x
10-15	1-12	water	PWN Heemskerk	241		x
15-18	13-22	water	PWN Heemskerk	112		x
17-20	21-28	water	PWN Heemskerk	250		x
26-30	62-79	water	PWN Heemskerk	525		x
28-32	69-83	water	PWN Heemskerk	128		x
75-83	30-32	water	PWN Heemskerk	116		x
24-28	49-66	Datatransport	Recreatie Noord-Holland N.V.	596		x
10-15	1-12	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	225		x
15-18	13-22	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	546		x
24-28	49-66	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
10-15	1-12	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
14-16	9-16	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	182		x
15-18	13-22	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
24-28	49-66	landelijk hoogspanningsnet	Recreatie Noord-Holland N.V.	280		x
10-15	1-12	overig	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
14-16	9-16	overig	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
15-18	13-22	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	535		x
17-20	21-28	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	15		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	9		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
24-28	49-66	riool vrijverval	Recreatie Noord-Holland N.V.	531		x
10-15	1-12	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	251		x
14-16	9-16	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	359		x
15-18	13-22	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	403		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	Reggefiber Operator	9		x
14-16	9-16	datatransport	Reggefiber Operator	359		x
53-55	129-135a	datatransport	Reggefiber Operator	15		x
55-58	136-142	datatransport	Reggefiber Operator	446		x
26-30	62-79	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1		x
31-35	80-89	datatransport	Rocateq Europe	55		x
32-37	86-96	datatransport	Rocateq Europe	55		x
55-58	136-142	datatransport	Rocateq Europe	40		x
15-18	13-22	datatransport	RWS Alkmaar	602		x
19-22	27-34	datatransport	RWS Alkmaar	221		x
21-24	33-48	datatransport	RWS Alkmaar	272		x
10-11	1-4	laagspanning	RWS Alkmaar	532		x
14-16	9-16	laagspanning	RWS Alkmaar	9		x
15-18	13-22	laagspanning	RWS Alkmaar	637		x
19-22	27-34	laagspanning	RWS Alkmaar	250		x
21-24	33-48	laagspanning	RWS Alkmaar	8		x
10-15	1-12	overig	RWS Alkmaar	0		x
14-16	9-16	overig	RWS Alkmaar	164		x
15-18	13-22	overig	RWS Alkmaar	495		x
17-20	21-28	overig	RWS Alkmaar	44		x
17-20	21-28	overig	RWS Alkmaar	83		x
19-22	27-34	overig	RWS Alkmaar	94		x
19-22	27-34	overig	RWS Alkmaar	5		x
21-24	33-48	overig	RWS Alkmaar	8		x
21-24	33-48	overig	RWS Alkmaar	345		x
10-11	1-4	riool vrij verval	RWS Alkmaar	212		x
14-16	9-16	riool vrij verval	RWS Alkmaar	468		x
15-18	13-22	riool vrij verval	RWS Alkmaar	215		x
17-20	21-28	riool vrij verval	RWS Alkmaar	276		x
19-22	27-34	riool vrij verval	RWS Alkmaar	390		x
19-22	27-34	riool vrij verval	RWS Alkmaar	290		x
21-24	33-48	riool vrij verval	RWS Alkmaar	16		x
36-40	91-103	laagspanning	RWS Amsterdam	161		x
38-41	100-108	laagspanning	RWS Amsterdam	169		x
31-35	80-89	overig	RWS Amsterdam	0		x
32-37	86-96	overig	RWS Amsterdam	0		x
36-40	91-103	overig	RWS Amsterdam	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
40-46	106-118	overig	RWS Amsterdam	0		x
43-45	114-118	overig	RWS Amsterdam	0		x
40-46	106-118	riool vrij verval	RWS Amsterdam	573		x
10-15	1-12	datatransport	RWS Waterdistrict Noord-Holland	0		x
15-18	13-22	datatransport	RWS Waterdistrict Noord-Holland	0		x
10-15	1-12	gas lage druk	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	laagspanning	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	laagspanning	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	overig	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	overig	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	riool vrij verval	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	riool vrij verval	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	water	RWS Waterdistrict Noord-Holland	425		x
53-55	129-135a	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	54		x
66-69	166-175	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	54		x
53-55	129-135a	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	15		x
55-58	136-142	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	74		x
66-67	167-170	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	376		x
66-69	166-175	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	210		x
43-45	114-118	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-49	118-119	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-49	kabel	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-52	118-125	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
47-50	118-120	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	44		x
50-53	122-129	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
53-55	129-135a	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	15		x
55-58	136-142	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	13		x
66-69	166-175	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
66-69	166-175	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
50-53	122-129	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	606		x
53-55	129-135a	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	15		x
55-57	135a-141	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	555		x
62-64	153-158	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	473		x
65-66	162-167	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	150		x
66-69	166-175	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	359		x
10-15	1-12	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	0		x
61-63	152-157	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	2		x
14-16	9-16	datatransport	ST. Fokus exploitatie p/a Roos en Bijl	65		x
62-64	153-158	datatransport	Stedin	0		x
63-65	157-163	datatransport	Stedin	0		x
65-66	162-167	datatransport	Stedin	0		x
65-66	163-168	datatransport	Stedin	66		x
66-67	167-170	datatransport	Stedin	225		x
66-69	166-175	datatransport	Stedin	500		x
10-11	1-4	gas hoge druk	Stedin	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	gas hoge druk	Stedin	105		x
19-22	27-34	gas hoge druk	Stedin	225		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Stedin	17		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Stedin	230		x
63-65	157-163	gas hoge druk	Stedin	522		x
65-66	163-168	gas hoge druk	Stedin	534		x
66-67	167-170	gas hoge druk	Stedin	0		x
66-69	166-175	gas hoge druk	Stedin	700		x
17-20	21-28	gas lage druk	Stedin	230		x
19-22	27-34	gas lage druk	Stedin	26		x
21-24	33-48	gas lage druk	Stedin	44		x
21-24	33-48	gas lage druk	Stedin	33		x
62-64	153-158	gas lage druk	Stedin	40		x
63-65	157-163	gas lage druk	Stedin	441		x
65-66	163-168	gas lage druk	Stedin	690		x
66-67	167-170	gas lage druk	Stedin	448		x
66-69	166-175	gas lage druk	Stedin	258		x
62-64	153-158	hoogspanning	Stedin	0		x
63-65	157-163	hoogspanning	Stedin	0		x
65-66	162-167	hoogspanning	Stedin	0		x
65-66	163-168	hoogspanning	Stedin	387		x
66-67	167-170	hoogspanning	Stedin	0		x
66-69	166-175	hoogspanning	Stedin	643		x
62-64	153-158	laagspanning	Stedin	80		x
65-66	162-167	laagspanning	Stedin	92		x
66-67	167-170	laagspanning	Stedin	340		x
65-66	162-167	middenspanning	Stedin	735		x
66-69	166-175	middenspanning	Stedin	653		x
63-65	157-163	warmte	Stedin	93		x
66-69	166-175	warmte	Stedin	442		x
10-11	1-4	datatransport	Tele2 Nederland	93		x
21-24	33-48	datatransport	Tele2 Nederland	525		x
21-24	33-48	datatransport	Tele2 Nederland	260		x
53-55	129-135a	datatransport	Tele2 Nederland	15		x
55-57	135a-141	datatransport	Tele2 Nederland	15		x
65-66	162-167	datatransport	Tele2 Nederland	50		x
55-58	136-142	datatransport	TenneT TSO	126		x
61-63	152-157	datatransport	TenneT TSO	68		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
65-66	162-167	datatransport	TenneT TSO	450		x
66-67	167-170	datatransport	TenneT TSO	24		x
66-69	166-175	datatransport	TenneT TSO	242		x
10-11	1-4	hoogspanning	TenneT TSO	664		x
10-15	1-12	hoogspanning	TenneT TSO	0		x
55-58	136-142	hoogspanning	TenneT TSO	220		x
65-66	162-167	hoogspanning	TenneT TSO	480		x
66-67	167-170	hoogspanning	TenneT TSO	25		x
66-69	166-175	hoogspanning	TenneT TSO	212		x
66-69	166-175	hoogspanning	TenneT TSO	300		x
65-66	162-167	laagspanning	TenneT TSO	206		x
65-66	163-168	laagspanning	TenneT TSO	39		x
66-69	166-175	laagspanning	TenneT TSO	158		x
66-69	166-175	laagspanning	TenneT TSO	123		x
10-15	1-12	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	415		x
26-30	62-79	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	592		x
50-52	120-126	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
55-57	135a-141	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
55-58	136-142	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
57-60	141-146	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
58-60	142-147	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
66-69	166-175	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	384		x
66-69	166-175	middenspanning	TenneT TSO	27		x
10-15	1-12	overig	TenneT TSO	0		x
65-66	162-167	overig	TenneT TSO	108		x
66-69	166-175	overig	TenneT TSO	0		x
66-69	166-175	overig	TenneT TSO	0		x
59-61	146-152	petrochemie	TenneT TSO	56		x
59-62	147-153	petrochemie	TenneT TSO	52		x
66-69	166-175	petrochemie	TenneT TSO	12		x
14-16	9-16	datatransport	UPC	0		x
15-18	13-22	datatransport	UPC	0		x
17-20	21-28	datatransport	UPC	358		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
19-22	27-34	datatransport	UPC	459		x
21-24	33-48	datatransport	UPC	312		x
26-30	62-79	datatransport	UPC	312		x
28-31	68-81	datatransport	UPC	312		x
31-35	80-89	datatransport	UPC	56		x
32-37	86-96	datatransport	UPC	52		x
66-67	167-170	datatransport	UPC	98		x
17-20	21-28	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	454		x
19-22	27-34	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	312		x
21-24	33-48	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	525		x
21-24	33-48	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	260		x
26-30	62-79	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1		x
28-32	69-83	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	0		x
50-53	122-129	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	417		x
53-55	129-136	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	510		x
55-58	136-142	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	520		x
66-69	166-175	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	463		x
75-83	30-32	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	44		x
10-15	1-12	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	358		x
19-22	27-34	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	1		x
21-24	33-48	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	525		x
21-24	33-48	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	260		x
26-30	62-79	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	271		x
19-22	27-34	water	Waternet	238		x
10-11	1-4	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	563		x
21-24	33-48	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	728		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	620		x
23-26	44-60	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	12		x
40-46	106-118	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	720		x
44-52	118-125	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	293		x
50-52	120-126	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	0		x
50-53	122-129	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	640		x
51-53	124-129	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	98		x
53-55	129-135a	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	96		x
55-57	135a-141	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	555		x
65-66	162-167	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	320		x
66-67	167-170	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	110		x

Colofon

Opdrachtgever TenneT TSO BV

Datum 31 maart 2011

Versie 0.3

Auteur Rianne Tichelaar

Revisies

	Datum	Initialen	Naam
Controle door			
Vrijgave door			

Versie	Datum	Auteur	Omschrijving	Soort wijziging
0.1	31-03-2011	R. Tichelaar	Eerste draft	-

© 2011 , Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Taking power tUfther

Bijlage A3 - 1b

HHNK-WVlijn

Constructietekeningen en berekeningen masten

Mastenlijst 380kV verbinding Beverwijk - Vijfhuizen

#VERW!

Gemeente	Mastnummers in de Tracekaart	Mastnummer Lengteprofiel	masttype	Veldlengte vooruit [m]	Lijnhoek [graden, decimaal]	Hoekmast(H), Steunmast(S), Eindmast(E) en Portaal(P)	Aantal masten per type in lijn	Vaklengte [m]	Masthoogte [m]	Fundatie hoogte [m]	NAP Hoogte [m]	X-coordinaat [m]	Y-coordinaat [m]	Koppelpunt	GSM antenne	Opmerking Check	Opmerkingen (Comments uit PLS-CADD)
		Stations portaal Bev (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	33,785	-2,2814	2,2814			18,5	0,3	-1,636	106922,25	498520,656			Portaal	
	1	1 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	303,257	54,7992	54,7992			55	0,3	-1,988	106948,08	498498,878			Lijnhoek < 130° (>50°)	
	2	2 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	347,447	0	0			55	0,3	-1,358	106921,991	498196,745			Hoekmast i.v.m. geleiderbreuk criterium	
	3	3 (vkt 4.0)	W2H400	390,718	19,5108	19,5108			57	0,3	-1,489	106892,1	497850,587				
	4	4 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	359,079	0	0			57	0,3	-1,851	106730,408	497494,896				
	5	5 (vkt 4.0)	W2E400	19,5	-5,6866	5,6866		769,297	57	0,3	-1,809	106581,808	497168,008			Eindmast	
		Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 5	0	0	0			15	0,3	-1,723	106575,537	497149,543			Opstijgpunt	
		Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 6	19,55	0	0			15	0,3	-1,513	106291,429	496304,433			Opstijgpunt	
	6	6 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	343,632	10,1482	10,1482		1132,479	55	0,3	-1,515	106286,276	496285,574				
	7	7 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	397,744	-18,8701	18,8701		397,744	62	0,3	-0,43	106138,709	495975,241				
	8	8 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	325,954	-49,8744	49,8744			62	0,3	0,559	106093,26	495580,102			Lijnhoek < 130° (>50°)	
	9	9 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	348,977	0	0			57	0,3	0,258	106316,859	495342,932			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	10	10 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	353,139	0	0			57	0,3	-0,257	106556,251	495089,01			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	11	11 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	320,55	0	0			57	0,3	-0,035	106798,499	494832,06			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	12	12 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	354,214	0	0			63	0,3	-1,99	107018,391	494598,823			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	13	13 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349,65	0	0			57	0,3	-2,534	107261,376	494341,09			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	14	14 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349,577	0	0			57	0,3	-2,27	107501,23	494086,679			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	15	15 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	338,931	0	0			57	0,3	-1,859	107741,034	493832,321			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	16	16 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	354,994	0	0			57	0,3	-1,232	107973,535	493585,709			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	17	17 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	190,241	0,6153	0,6153			63	0,3	-1,59	108217,055	493327,409				
	18	18 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	353,067	0	0			63	0,3	-1,159	108346,063	493187,593				
	19	19 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	296,468	0	0		3935,762	51	0,3	-2,885	108585,489	492928,11				Een w2s350+5 wegens beeld (mer)
	20	20 (vkt 4.0)	W2H350	281,233	50,0015	50,0015			50	0,3	-2,647	108786,533	492710,223				
	21	21 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	333,464	0	0			51	0,3	-2,646	108750,78	492431,272				
	22	22 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	340,564	0	0			51	0,3	-0,83	108708,386	492100,513				
	23	23 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	348,679	0	0			51	0,3	-2,615	108665,091	491762,713				
	24	24 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	291,816	0	0		1595,756	51	0,3	-2,541	108620,763	491416,863				
letop	26	25 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	306,889	-5,1115	5,1115		306,889	55	0,3	-0,494	108583,665	491127,414				
letop	27	26 (vkt 4.0)	W2H300+10	242,845	11,8776	11,8776			51	0,3	-1,499	108571,926	490820,75				Let op: VRI moet verplaatst worden
	28	27 (vkt 4.0)	W2H300+10	302,286	-6,2195	6,2195			51	0,3	-1,567	108512,889	490585,191				
	29	28 (vkt 4.0)	W2S300+5	299,415	0	0			46	0,3	-1,489	108471,601	490285,737				
	30	29 (vkt 4.0)	W2S300+5	298,166	0	0			46	0,3	-1,581	108430,706	489989,128				
	31	30 (vkt 4.0)	W2S300+5	300,416	0	0			46	0,3	-1,581	108389,981	489693,757				
	32	31 (vkt 4.0)	W2S300+5	269,791	0	0		1470,074	46	0,3	-1,463	108348,948	489396,156				
	33	32 (vkt 4.0)	W2H300+5	248,802	10,6868	10,6868		248,802	46	0,3	0	108312,099	489128,894				
	34	33 (vkt 4.0)	W2H350	213,989	-10,8374	10,8374			50	0,3	-1,498	108233	488893				
	35	34 (vkt 4.0)	W2H350	279,5	1,9539	1,9539			50	0,3	0,133	108204,33	488680,941				
	36	35 (vkt 4.0)	W2S300+10	196,781	0	0			51	0,3	1,7	108157,46	488405,398				
	37	36 (vkt 4.0)	W2S300+10	300,287	-4,1516	4,1516		776,568	51	0,3	-2,572	108124,461	488211,403				
	38	37 (vkt 4.0)	W2H300+5	227,997	32,3009	32,3009			46	0,3	-3,245	108095,67	487912,5				
	39	38 (vkt 4.0)	W2E350	171,049	0,8271	0,8271		399,046	50	0,3	-4	107955,92	487732,354				
		Stations portaal Vhz (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	0	3,2404	3,2404			21,5	0,3	-4,5	107849,136	487598,732			Eindmast	

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E350(+5)"

Mast 1 en 6

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	V 30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2E350(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage F en F2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

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

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 55,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,590 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten. De segmenten zijn 27.0 meter en 28.0 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E350(+5)”

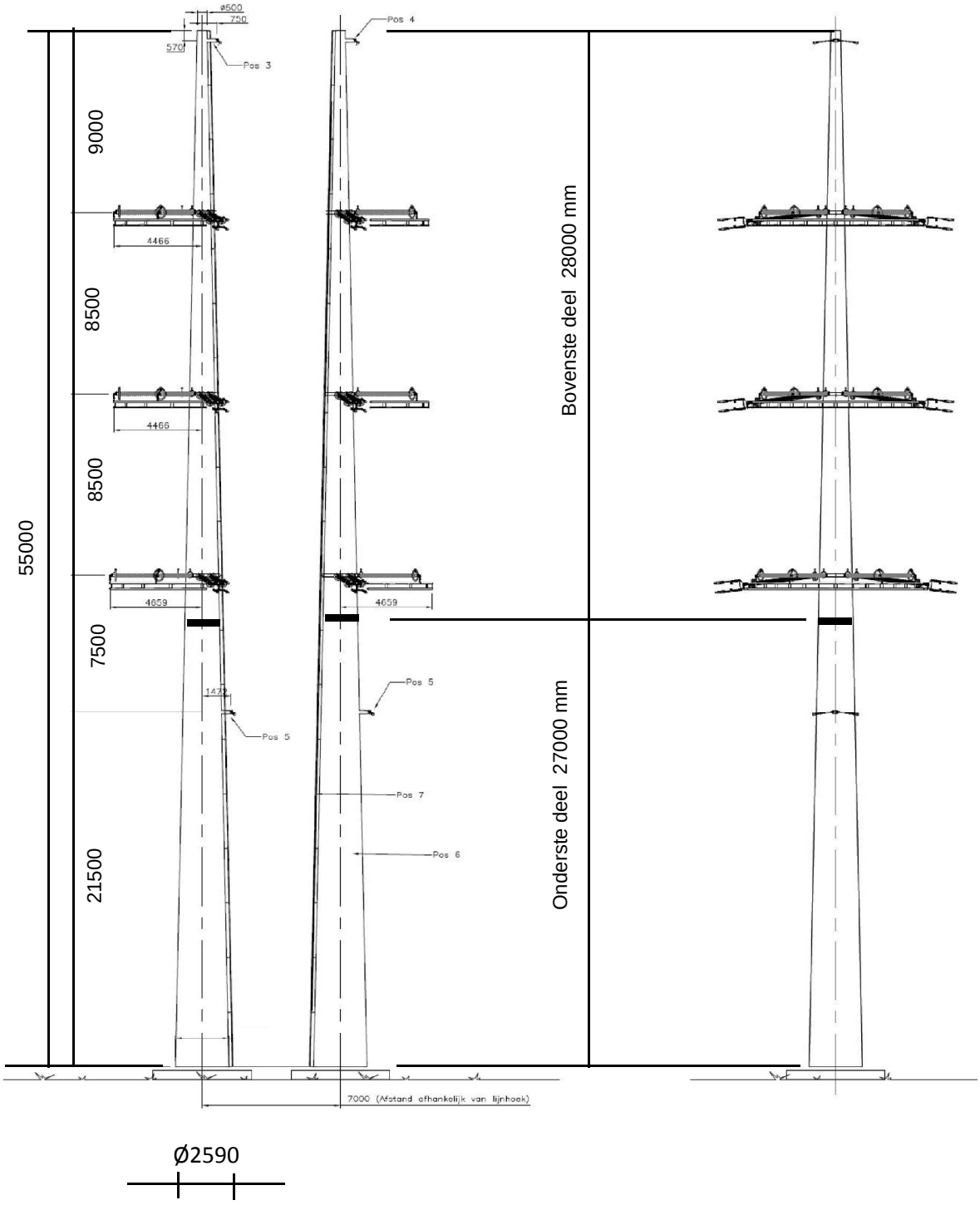
Berekening

W2E350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 1 en 6

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

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

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

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	18,0	27869	218,77	8,47E+08	174,36	3,32E+06
2	565	18,0	30931	242,81	1,16E+09	193,49	4,10E+06
3	662	18,0	36443	286,08	1,89E+09	227,94	5,72E+06
4	771	18,0	42567	334,15	3,02E+09	266,21	7,83E+06
5	833	20,0	51111	401,22	4,23E+09	287,68	1,02E+07
6	888	20,0	54513	427,93	5,13E+09	306,82	1,16E+07
7	960	20,0	59079	463,77	6,53E+09	332,51	1,36E+07
8	1014	20,0	62482	490,48	7,73E+09	351,65	1,52E+07
9	1096	20,0	67585	530,54	9,78E+09	380,37	1,78E+07
10	1157	20,0	71465	561,00	1,16E+10	402,19	2,00E+07
11	1212	20,0	74867	587,71	1,33E+10	421,34	2,19E+07
12	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
13	1421	22,0	96661	758,79	2,36E+10	494,52	3,33E+07
14	1481	22,0	100863	791,77	2,69E+10	516,02	3,63E+07
15	1526	22,0	103949	816,00	2,94E+10	531,80	3,85E+07
16	1590	22,0	108381	850,79	3,33E+10	554,47	4,19E+07
17	1642	22,0	111992	879,14	3,68E+10	572,94	4,48E+07
18	1669	25,0	129080	1013,28	4,36E+10	581,13	5,23E+07
19	1747	25,0	135236	1061,60	5,01E+10	608,84	5,74E+07
20	1825	25,0	141391	1109,92	5,73E+10	636,55	6,28E+07
21	1930	25,0	149599	1174,35	6,79E+10	673,49	7,03E+07
22	2034	25,0	157806	1238,78	7,96E+10	710,43	7,83E+07
23	2139	25,0	166014	1303,21	9,27E+10	747,38	8,67E+07
24	2243	25,0	174221	1367,63	1,07E+11	784,32	9,56E+07
25	2348	25,0	182428	1432,06	1,23E+11	821,26	1,05E+08
26	2448	25,0	190263	1493,56	1,40E+11	856,53	1,14E+08
27	2543	25,0	197724	1552,13	1,57E+11	890,11	1,23E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	55000	1 -- 2	1	570	2,79E+04	8,47E+08
2	54430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	52150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	49300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	46450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	46000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	43600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	42175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	40750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	37900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	37500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	35050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	32200	13 -- 14	13	2850	9,67E+04	2,36E+10
14	29350	14 -- 15	14	350	1,01E+05	2,69E+10
15	29000	15 -- 16	15	2000	1,04E+05	2,94E+10
16	27000	16 -- 17	16	1375	1,08E+05	3,33E+10
17	25625	17 -- 18	17	1375	1,12E+05	3,68E+10
18	24250	18 -- 19	18	1375	1,29E+05	4,36E+10
19	22875	19 -- 20	19	1375	1,35E+05	5,01E+10
20	21500	20 -- 21	20	2750	1,41E+05	5,73E+10
21	18750	21 -- 22	21	2750	1,50E+05	6,79E+10
22	16000	22 -- 23	22	2750	1,58E+05	7,96E+10
23	13250	23 -- 24	23	2750	1,66E+05	9,27E+10
24	10500	24 -- 25	24	2750	1,74E+05	1,07E+11
25	7750	25 -- 26	25	2750	1,82E+05	1,23E+11
26	5000	26 -- 27	26	2500	1,90E+05	1,40E+11
27	2500	27 -- 28	27	2500	1,98E+05	1,57E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	300	0,30	0,00	1,46E-02	467,95
2	2 -- 3	5878	1772	3,40	0,55	1,46E-02	459,65
3	3 -- 4	8581		9,28	15,01	1,45E-02	426,52
4	4 -- 5	9951		17,86	53,70	1,43E-02	385,50
5	5 -- 6	1873		27,81	118,79	1,39E-02	345,33
6	6 -- 7	10630	13777	43,46	131,72	1,38E-02	339,10
7	7 -- 8	6822		54,09	248,79	1,34E-02	306,40
8	8 -- 9	7203		60,92	330,74	1,31E-02	287,51
9	9 -- 10	15548		68,12	422,68	1,28E-02	269,07
10	10 -- 11	2304		83,67	638,98	1,20E-02	233,66
11	11 -- 12	14766	14223	100,20	672,90	1,19E-02	228,87
12	12 -- 13	18593		114,96	936,47	1,12E-02	200,46
13	13 -- 14	22053		133,55	1290,61	1,03E-02	169,68
14	14 -- 15	2824		155,61	1702,66	9,48E-03	141,39
15	15 -- 16	16620	14669	173,10	1757,62	9,37E-03	138,09
16	16 -- 17	11905	8716	198,44	2120,44	8,74E-03	119,95
17	17 -- 18	12294		210,34	2401,47	8,30E-03	108,23
18	18 -- 19	14139		222,64	2699,14	7,85E-03	97,12
19	19 -- 20	14803		236,77	3014,99	7,42E-03	86,62
20	20 -- 21	30935	3365	254,94	3350,73	7,00E-03	76,70
21	21 -- 22	32707		285,88	4094,36	6,15E-03	58,58
22	22 -- 23	34479		318,59	4925,50	5,28E-03	42,82
23	23 -- 24	36251		353,06	5849,01	4,40E-03	29,47
24	24 -- 25	38022		389,31	6869,78	3,50E-03	18,57
25	25 -- 26	39794		427,34	7992,68	2,60E-03	10,16
26	26 -- 27	37714		467,13	9222,58	1,68E-03	4,25
27	27 -- 28	39178		504,85	10437,55	8,42E-04	1,07
28			29098	573,12	11748,63	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	30,0	0,468	743,98	35,232
2	2 -- 3	587,8	177,2	0,460	3353,99	152,839
3	3 -- 4	858,1		0,427	3417,64	141,447
4	4 -- 5	995,1		0,385	3567,09	132,871
5	5 -- 6	187,3		0,345	628,79	21,935
6	6 -- 7	1063,0	1377,7	0,339	7948,83	269,157
7	7 -- 8	682,2		0,306	1987,47	60,162
8	8 -- 9	720,3		0,288	1966,47	55,785
9	9 -- 10	1554,8		0,269	3833,99	98,240
10	10 -- 11	230,4		0,234	522,71	12,323
11	11 -- 12	1476,6	1422,3	0,229	6303,01	142,548
12	12 -- 13	1859,3		0,200	3375,57	63,682
13	13 -- 14	2205,3		0,170	3364,74	53,346
14	14 -- 15	282,4		0,141	387,08	5,514
15	15 -- 16	1662,0	1466,9	0,138	4090,71	55,637
16	16 -- 17	1190,5	871,6	0,120	2358,06	28,037
17	17 -- 18	1229,4		0,108	1238,34	12,961
18	18 -- 19	1413,9		0,097	1274,28	11,934
19	19 -- 20	1480,3		0,087	1185,91	9,872
20	20 -- 21	3093,5	336,5	0,077	2305,96	16,134
21	21 -- 22	3270,7		0,059	1626,68	8,407
22	22 -- 23	3447,9		0,043	1222,51	4,504
23	23 -- 24	3625,1		0,029	854,22	2,092
24	24 -- 25	3802,2		0,019	535,80	0,785
25	25 -- 26	3979,4		0,010	281,18	0,206
26	26 -- 27	3771,4		0,004	98,45	0,027
27	27 -- 28	3917,8		0,001	20,63	0,001
28			2909,8	0,000	0,00	0,000
				Som	58494	1396

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

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

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	597	0,991	0,570	0,56	334,44	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,01	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	645,95	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,79	2,23
5 -- 6	3478	0,731	0,450	0,24	837,02	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,69	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,74	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,76	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,64	1,53
10 -- 11	4132	0,494	0,400	0,10	403,67	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,75	1,12
12 -- 13	652	0,395	2,850	0,45	290,82	1,13
13 -- 14	774	0,332	2,850	0,31	243,62	0,95
14 -- 15	4998	0,299	0,350	0,03	155,99	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,60	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,76	0,34
17 -- 18	894	0,219	1,375	0,07	59,19	0,30
18 -- 19	1028	0,196	1,375	0,05	54,50	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,33	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,64	0,40
21 -- 22	1189	0,108	2,750	0,03	38,39	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,57	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,55	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,58	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,94	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6410,08	19,08

m_e = 6410,1 / 11,7 = 548,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,03	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	79,18	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,059	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,071	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,57	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,63	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	22,58	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,14	
R^2 =	0,66	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,78	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,68

$c_s c_d$ =	**1,07**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,7	1,08E+06	0,77	0,80	0,62
2	31,6	1,19E+06	0,77	0,80	0,62
3	31,3	1,38E+06	0,77	0,80	0,62
4	31,0	1,59E+06	0,77	0,80	0,61
5	30,8	1,71E+06	0,77	0,80	0,61
6	30,6	1,81E+06	0,77	0,80	0,61
7	30,3	1,94E+06	0,77	0,80	0,61
8	30,2	2,04E+06	0,77	0,80	0,61
9	29,9	2,18E+06	0,77	0,80	0,61
10	29,6	2,29E+06	0,77	0,80	0,61
11	29,4	2,37E+06	0,76	0,80	0,61
12	29,0	2,53E+06	0,76	0,80	0,61
13	28,5	2,70E+06	0,76	0,80	0,61
14	28,2	2,78E+06	0,76	0,80	0,61
15	27,9	2,84E+06	0,76	0,80	0,61
16	27,6	2,92E+06	0,76	0,80	0,61
17	27,3	2,99E+06	0,76	0,80	0,61
18	27,0	3,00E+06	0,76	0,80	0,61
19	26,6	3,10E+06	0,76	0,80	0,60
20	26,1	3,17E+06	0,76	0,80	0,60
21	25,2	3,25E+06	0,75	0,80	0,60
22	24,3	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,1	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
24	21,6	3,23E+06	0,74	0,80	0,59
25	19,6	3,06E+06	0,74	0,80	0,59
26	16,9	2,76E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,87E+06	0,73	0,80	0,58

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - F en F2		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Passieve run	21,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

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

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

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

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1247	86	1332	0,180	0,068	377	0,661
2	5536	342	5878	0,794	0,274	1610	0,706
3	8153	428	8581	1,162	0,342	2239	0,786
4	9523	428	9951	1,349	0,342	2481	0,871
5	1805	68	1873	0,230	0,054	413	0,918
6	10270	360	10630	1,306	0,288	2298	0,958
7	6609	214	6822	0,838	0,171	1438	1,009
8	6989	214	7203	0,885	0,171	1491	1,046
9	15120	428	15548	1,910	0,342	3134	1,100
10	2244	60	2304	0,283	0,048	455	1,138
11	14399	368	14766	1,812	0,294	2868	1,171
12	18165	428	18593	2,280	0,342	3497	1,227
13	21625	428	22053	2,464	0,342	3650	1,281
14	2771	53	2824	0,315	0,042	458	1,308
15	16320	300	16620	1,854	0,240	2652	1,326
16	11698	206	11905	1,327	0,165	1856	1,350
17	12088	206	12294	1,369	0,165	1879	1,366
18	13933	206	14139	1,389	0,165	1872	1,362
19	14597	206	14803	1,453	0,165	1915	1,392
20	30523	413	30935	3,031	0,330	3862	1,404
21	32295	413	32707	3,195	0,330	3872	1,408
22	34066	413	34479	3,357	0,330	3835	1,395
23	35838	413	36251	3,514	0,330	3735	1,358
24	37610	413	38022	3,665	0,330	3544	1,289
25	39382	413	39794	3,802	0,330	3212	1,168
26	37339	375	37714	3,555	0,300	2478	0,991
27	38803	375	39178	3,694	0,300	2567	1,027
	478951	8250	487201	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	63689

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2805	360	360	360	360
2	2 -- 3	3094	2127	2126	8264	2879
3	3 -- 4	3613				
4	4 -- 5	4190				
5	5 -- 6	4995				
6	6 -- 7	5315	16535	16527	27318	19540
7	7 -- 8	5745				
8	8 -- 9	6066				
9	9 -- 10	6547				
10	10 -- 11	6912				
11	11 -- 12	7232	17070	17063	27854	20076
12	12 -- 13	7829				
13	13 -- 14	9285				
14	14 -- 15	9681				
15	15 -- 16	9972	17605	17598	28389	20611
16	16 -- 17	10389	10460	10460	10460	10460
17	17 -- 18	10730				
18	18 -- 19	12339				
19	19 -- 20	12919				
20	20 -- 21	13499	4038	4036	16332	5542
21	21 -- 22	14272				
22	22 -- 23	15045				
23	23 -- 24	15818				
24	24 -- 25	16592				
25	25 -- 26	17365				
26	26 -- 27	18103				
27	27 -- 28	18806				
28			34918	34918	34918	34918

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	661				
2	2 -- 3	706	28055	20547	49053	21620
3	3 -- 4	786				
4	4 -- 5	871				
5	5 -- 6	918				
6	6 -- 7	958	181778	157387	206114	149485
7	7 -- 8	1009				
8	8 -- 9	1046				
9	9 -- 10	1100				
10	10 -- 11	1138				
11	11 -- 12	1171	175946	156977	204493	149152
12	12 -- 13	1227				
13	13 -- 14	1281				
14	14 -- 15	1308				
15	15 -- 16	1326	168968	156514	202642	148774
16	16 -- 17	1350				
17	17 -- 18	1366				
18	18 -- 19	1362				
19	19 -- 20	1392				
20	20 -- 21	1404	47820	41218	95374	43841
21	21 -- 22	1408				
22	22 -- 23	1395				
23	23 -- 24	1358				
24	24 -- 25	1289				
25	25 -- 26	1168				
26	26 -- 27	991				
27	27 -- 28	1027				
28						

KEMA rapport - bijlage F2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

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

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

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1057				
2	2 -- 3	1130	36722	23812	63182	26206
3	3 -- 4	1257				
4	4 -- 5	1393				
5	5 -- 6	1469				
6	6 -- 7	1532	232343	179455	253726	177010
7	7 -- 8	1615				
8	8 -- 9	1674				
9	9 -- 10	1760				
10	10 -- 11	1821				
11	11 -- 12	1873	223760	178746	251248	176450
12	12 -- 13	1963				
13	13 -- 14	2049				
14	14 -- 15	2093				
15	15 -- 16	2122	213364	177940	248406	175818
16	16 -- 17	2160				
17	17 -- 18	2186				
18	18 -- 19	2179				
19	19 -- 20	2228				
20	20 -- 21	2247	61082	47319	122241	52792
21	21 -- 22	2253				
22	22 -- 23	2231				
23	23 -- 24	2173				
24	24 -- 25	2062				
25	25 -- 26	1869				
26	26 -- 27	1586				
27	27 -- 28	1643				
28						

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	377		0	0,00E+00	2,46E-03	75
2	2 -- 3	1610		377	1,12E+05	2,46E-03	73
3	3 -- 4	2239		1987	2,86E+06	2,45E-03	68
4	4 -- 5	2481		4226	1,18E+07	2,40E-03	61
5	5 -- 6	413		6708	2,76E+07	2,31E-03	54
6	6 -- 7	2298		7121	3,08E+07	2,30E-03	53
7	7 -- 8	1438		9419	5,09E+07	2,21E-03	48
8	8 -- 9	1491		10857	6,55E+07	2,15E-03	45
9	9 -- 10	3134		12349	8,23E+07	2,08E-03	42
10	10 -- 11	455		15483	1,22E+08	1,94E-03	36
11	11 -- 12	2868		15938	1,29E+08	1,92E-03	35
12	12 -- 13	3497		18806	1,72E+08	1,79E-03	31
13	13 -- 14	3650		22303	2,31E+08	1,63E-03	26
14	14 -- 15	458		25953	3,01E+08	1,48E-03	21
15	15 -- 16	2652		26411	3,10E+08	1,46E-03	21
16	16 -- 17	1856		29063	3,66E+08	1,35E-03	18
17	17 -- 18	1879		30919	4,07E+08	1,27E-03	16
18	18 -- 19	1872		32798	4,52E+08	1,20E-03	14
19	19 -- 20	1915		34670	4,98E+08	1,13E-03	13
20	20 -- 21	3862		36585	5,48E+08	1,06E-03	11
21	21 -- 22	3872		40447	6,54E+08	9,22E-04	9
22	22 -- 23	3835		44319	7,72E+08	7,84E-04	6
23	23 -- 24	3735		48155	9,00E+08	6,47E-04	4
24	24 -- 25	3544		51889	1,04E+09	5,10E-04	3
25	25 -- 26	3212		55433	1,19E+09	3,75E-04	1
26	26 -- 27	2478		58645	1,34E+09	2,40E-04	1
27	27 -- 28	2567		61122	1,49E+09	1,19E-04	0
28				63689	1,65E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,95E-02	1202
2	2 -- 3		28055	103903	7,58E+04	3,95E-02	1180
3	3 -- 4			929012	6,49E+07	3,92E-02	1090
4	4 -- 5			2887096	1,47E+08	3,84E-02	979
5	5 -- 6			5872216	2,30E+08	3,76E-02	871
6	6 -- 7		181778	6780729	2,43E+08	3,74E-02	854
7	7 -- 8			11538511	7,51E+08	3,63E-02	765
8	8 -- 9			14626555	1,05E+09	3,54E-02	714
9	9 -- 10			17983835	1,36E+09	3,44E-02	664
10	10 -- 11			25846855	1,96E+09	3,21E-02	569
11	11 -- 12		175946	27289586	2,05E+09	3,17E-02	557
12	12 -- 13			35857253	3,00E+09	2,95E-02	481
13	13 -- 14			46485245	4,11E+09	2,67E-02	401
14	14 -- 15			57647562	5,22E+09	2,40E-02	329
15	15 -- 16		168968	59248213	5,36E+09	2,37E-02	321
16	16 -- 17			68197562	6,48E+09	2,18E-02	275
17	17 -- 18			74247107	7,25E+09	2,04E-02	246
18	18 -- 19			80239762	8,01E+09	1,90E-02	219
19	19 -- 20			86190120	8,78E+09	1,78E-02	194
20	20 -- 21		47820	92217696	9,55E+09	1,66E-02	170
21	21 -- 22			104256187	1,12E+10	1,42E-02	127
22	22 -- 23			115627688	1,29E+10	1,19E-02	91
23	23 -- 24			126021188	1,46E+10	9,64E-03	62
24	24 -- 25			135127662	1,62E+10	7,46E-03	38
25	25 -- 26			142639680	1,79E+10	5,38E-03	21
26	26 -- 27			148251110	1,95E+10	3,39E-03	8
27	27 -- 28			151427005	2,11E+10	1,66E-03	2
28	28 -- 29			152619964	2,26E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,36E-02	1039
2	2 -- 3		20547	20547	6,46E+04	3,36E-02	1020
3	3 -- 4			20547	4,76E+07	3,34E-02	943
4	4 -- 5			20547	1,08E+08	3,29E-02	849
5	5 -- 6			20547	1,69E+08	3,22E-02	756
6	6 -- 7		157387	177934	1,79E+08	3,21E-02	741
7	7 -- 8			177934	6,10E+08	3,13E-02	665
8	8 -- 9			177934	8,66E+08	3,05E-02	621
9	9 -- 10			177934	1,12E+09	2,96E-02	578
10	10 -- 11			177934	1,64E+09	2,77E-02	496
11	11 -- 12		156977	334911	1,71E+09	2,75E-02	485
12	12 -- 13			334911	2,54E+09	2,56E-02	420
13	13 -- 14			334911	3,50E+09	2,32E-02	350
14	14 -- 15			334911	4,46E+09	2,09E-02	287
15	15 -- 16		156514	491425	4,58E+09	2,06E-02	280
16	16 -- 17			491425	5,57E+09	1,90E-02	241
17	17 -- 18			491425	6,25E+09	1,78E-02	215
18	18 -- 19			491425	6,94E+09	1,66E-02	192
19	19 -- 20			491425	7,62E+09	1,55E-02	169
20	20 -- 21		41218	532643	8,30E+09	1,45E-02	149
21	21 -- 22			532643	9,77E+09	1,24E-02	112
22	22 -- 23			532643	1,12E+10	1,04E-02	80
23	23 -- 24			532643	1,27E+10	8,44E-03	54
24	24 -- 25			532643	1,42E+10	6,54E-03	34
25	25 -- 26			532643	1,57E+10	4,72E-03	18
26	26 -- 27			532643	1,71E+10	2,97E-03	7
27	27 -- 28			532643	1,85E+10	1,45E-03	2
28				532643	1,98E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,02E-02	1490
2	2 -- 3		49053	49053	9,65E+04	5,02E-02	1462
3	3 -- 4			49053	1,13E+08	4,97E-02	1348
4	4 -- 5			49053	2,55E+08	4,83E-02	1208
5	5 -- 6			49053	3,99E+08	4,69E-02	1072
6	6 -- 7		206114	255167	4,22E+08	4,67E-02	1051
7	7 -- 8			255167	1,04E+09	4,50E-02	941
8	8 -- 9			255167	1,41E+09	4,38E-02	877
9	9 -- 10			255167	1,78E+09	4,24E-02	816
10	10 -- 11			255167	2,51E+09	3,94E-02	699
11	11 -- 12		204493	459661	2,62E+09	3,90E-02	683
12	12 -- 13			459661	3,75E+09	3,62E-02	591
13	13 -- 14			459661	5,08E+09	3,27E-02	493
14	14 -- 15			459661	6,40E+09	2,94E-02	404
15	15 -- 16		202642	662303	6,56E+09	2,90E-02	394
16	16 -- 17			662303	7,90E+09	2,66E-02	338
17	17 -- 18			662303	8,82E+09	2,50E-02	303
18	18 -- 19			662303	9,73E+09	2,33E-02	269
19	19 -- 20			662303	1,07E+10	2,18E-02	238
20	20 -- 21		95374	757677	1,16E+10	2,04E-02	209
21	21 -- 22			757677	1,37E+10	1,75E-02	157
22	22 -- 23			757677	1,58E+10	1,46E-02	113
23	23 -- 24			757677	1,79E+10	1,19E-02	76
24	24 -- 25			757677	2,00E+10	9,21E-03	47
25	25 -- 26			757677	2,20E+10	6,65E-03	25
26	26 -- 27			757677	2,41E+10	4,19E-03	10
27	27 -- 28			757677	2,60E+10	2,05E-03	3
28				757677	2,79E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,25E-02	1000
2	2 -- 3		21620	21620	6,25E+04	3,25E-02	981
3	3 -- 4			21620	5,00E+07	3,23E-02	907
4	4 -- 5			21620	1,13E+08	3,17E-02	816
5	5 -- 6			21620	1,77E+08	3,11E-02	726
6	6 -- 7		149485	171105	1,88E+08	3,10E-02	712
7	7 -- 8			171105	6,02E+08	3,01E-02	639
8	8 -- 9			171105	8,49E+08	2,94E-02	597
9	9 -- 10			171105	1,10E+09	2,85E-02	555
10	10 -- 11			171105	1,59E+09	2,67E-02	477
11	11 -- 12		149152	320257	1,66E+09	2,64E-02	466
12	12 -- 13			320257	2,45E+09	2,46E-02	403
13	13 -- 14			320257	3,37E+09	2,23E-02	336
14	14 -- 15			320257	4,29E+09	2,01E-02	276
15	15 -- 16		148774	469031	4,41E+09	1,98E-02	269
16	16 -- 17			469031	5,35E+09	1,82E-02	231
17	17 -- 18			469031	6,00E+09	1,71E-02	207
18	18 -- 19			469031	6,65E+09	1,60E-02	184
19	19 -- 20			469031	7,30E+09	1,49E-02	163
20	20 -- 21		43841	512872	7,95E+09	1,39E-02	143
21	21 -- 22			512872	9,37E+09	1,19E-02	107
22	22 -- 23			512872	1,08E+10	1,00E-02	77
23	23 -- 24			512872	1,22E+10	8,11E-03	52
24	24 -- 25			512872	1,36E+10	6,28E-03	32
25	25 -- 26			512872	1,50E+10	4,53E-03	17
26	26 -- 27			512872	1,65E+10	2,86E-03	7
27	27 -- 28			512872	1,77E+10	1,40E-03	2
28				512872	1,90E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,69E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,69E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,53E-05	1
4	4 -- 5				1,23E+06	2,65E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	2,09E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	2,03E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,76E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,63E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,52E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,35E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,33E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,22E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	1,12E-05	0
14	14 -- 15				1,23E+06	1,05E-05	0
15	15 -- 16				1,23E+06	1,04E-05	0
16	16 -- 17				1,23E+06	1,00E-05	0
17	17 -- 18				1,23E+06	9,79E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	9,57E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	9,38E-06	0
20	20 -- 21				8,26E+06	9,22E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,33E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	5,74E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	4,38E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	3,22E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	2,21E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,33E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	6,27E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

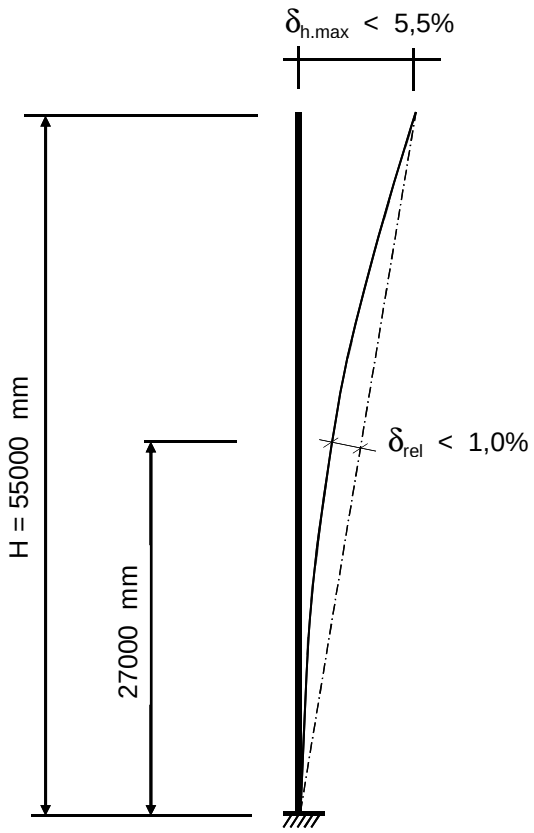
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,1E-02	1514
2	2 -- 3	5,1E-02	1484
3	3 -- 4	5,0E-02	1369
4	4 -- 5	4,9E-02	1227
5	5 -- 6	4,8E-02	1089
6	6 -- 7	4,7E-02	1067
7	7 -- 8	4,6E-02	955
8	8 -- 9	4,4E-02	891
9	9 -- 10	4,3E-02	829
10	10 -- 11	4,0E-02	710
11	11 -- 12	4,0E-02	694
12	12 -- 13	3,7E-02	601
13	13 -- 14	3,3E-02	501
14	14 -- 15	3,0E-02	411
15	15 -- 16	2,9E-02	400
16	16 -- 17	2,7E-02	344
17	17 -- 18	2,5E-02	308
18	18 -- 19	2,4E-02	274
19	19 -- 20	2,2E-02	242
20	20 -- 21	2,1E-02	213
21	21 -- 22	1,8E-02	160
22	22 -- 23	1,5E-02	115
23	23 -- 24	1,2E-02	78
24	24 -- 25	9,4E-03	48
25	25 -- 26	6,8E-03	26
26	26 -- 27	4,3E-03	11
27	27 -- 28	2,1E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1514 mm ----> δ_h *100 / 55000

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

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

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

Knoop 16 ; Hoogte = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 344 mm
α = 1,58 graden

δ_{rel} = 399 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,73 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	565	360	0	0,00E+00	3,65E-03	111
2	2 -- 3	2415	4086	565	1,61E+05	3,65E-03	109
3	3 -- 4	3359	11140	2980	4,20E+06	3,64E-03	101
4	4 -- 5	3722	21436	6340	1,75E+07	3,56E-03	91
5	5 -- 6	620	33377	10061	4,09E+07	3,44E-03	81
6	6 -- 7	3448	52160	10681	4,55E+07	3,41E-03	79
7	7 -- 8	2157	64917	14129	7,53E+07	3,28E-03	71
8	8 -- 9	2237	73104	16286	9,70E+07	3,19E-03	66
9	9 -- 10	4701	81747	18523	1,22E+08	3,10E-03	62
10	10 -- 11	683	100405	23224	1,81E+08	2,89E-03	53
11	11 -- 12	4302	120239	23907	1,91E+08	2,86E-03	52
12	12 -- 13	5245	137959	28210	2,55E+08	2,66E-03	46
13	13 -- 14	5476	160270	33454	3,42E+08	2,42E-03	38
14	14 -- 15	687	186734	38930	4,46E+08	2,20E-03	32
15	15 -- 16	3978	207727	39617	4,59E+08	2,17E-03	31
16	16 -- 17	2784	238131	43595	5,42E+08	2,01E-03	27
17	17 -- 18	2818	252416	46379	6,04E+08	1,90E-03	24
18	18 -- 19	2809	267170	49197	6,70E+08	1,78E-03	21
19	19 -- 20	2872	284136	52006	7,40E+08	1,68E-03	19
20	20 -- 21	5793	305938	54878	8,13E+08	1,58E-03	17
21	21 -- 22	5809	343061	60671	9,72E+08	1,37E-03	13
22	22 -- 23	5753	382309	66479	1,15E+09	1,17E-03	9
23	23 -- 24	5602	423684	72232	1,34E+09	9,64E-04	6
24	24 -- 25	5316	467185	77834	1,54E+09	7,60E-04	4
25	25 -- 26	4817	512812	83150	1,77E+09	5,58E-04	2
26	26 -- 27	3716	560565	87967	2,00E+09	3,58E-04	1
27	27 -- 28	3850	605822	91683	2,23E+09	1,78E-04	0
28			687753	95533	2,46E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,01E-02	1523
2	2 -- 3		36722	36722	0,00E+00	5,01E-02	1494
3	3 -- 4			36722	8,37E+07	4,97E-02	1381
4	4 -- 5			36722	1,88E+08	4,87E-02	1240
5	5 -- 6			36722	2,93E+08	4,76E-02	1103
6	6 -- 7		232343	269065	3,10E+08	4,75E-02	1081
7	7 -- 8			269065	9,55E+08	4,61E-02	969
8	8 -- 9			269065	1,34E+09	4,49E-02	904
9	9 -- 10			269065	1,72E+09	4,35E-02	841
10	10 -- 11			269065	2,49E+09	4,06E-02	721
11	11 -- 12		223760	492826	2,60E+09	4,02E-02	705
12	12 -- 13			492826	3,80E+09	3,74E-02	609
13	13 -- 14			492826	5,21E+09	3,38E-02	508
14	14 -- 15			492826	6,61E+09	3,04E-02	416
15	15 -- 16		213364	706190	6,79E+09	3,00E-02	406
16	16 -- 17			706190	8,20E+09	2,75E-02	348
17	17 -- 18			706190	9,17E+09	2,58E-02	311
18	18 -- 19			706190	1,01E+10	2,41E-02	277
19	19 -- 20			706190	1,11E+10	2,25E-02	245
20	20 -- 21		61082	767272	1,21E+10	2,10E-02	215
21	21 -- 22			767272	1,42E+10	1,80E-02	161
22	22 -- 23			767272	1,63E+10	1,51E-02	116
23	23 -- 24			767272	1,84E+10	1,22E-02	78
24	24 -- 25			767272	2,05E+10	9,45E-03	48
25	25 -- 26			767272	2,26E+10	6,81E-03	26
26	26 -- 27			767272	2,47E+10	4,29E-03	11
27	27 -- 28			767272	2,67E+10	2,10E-03	3
28				767272	2,86E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,81E-02	1175
2	2 -- 3		23812	23812	0,00E+00	3,81E-02	1154
3	3 -- 4			23812	5,43E+07	3,78E-02	1067
4	4 -- 5			23812	1,22E+08	3,72E-02	960
5	5 -- 6			23812	1,90E+08	3,65E-02	855
6	6 -- 7		179455	203268	2,01E+08	3,64E-02	839
7	7 -- 8			203268	6,89E+08	3,54E-02	752
8	8 -- 9			203268	9,78E+08	3,45E-02	703
9	9 -- 10			203268	1,27E+09	3,35E-02	654
10	10 -- 11			203268	1,85E+09	3,14E-02	561
11	11 -- 12		178746	382014	1,93E+09	3,10E-02	549
12	12 -- 13			382014	2,86E+09	2,89E-02	475
13	13 -- 14			382014	3,95E+09	2,62E-02	396
14	14 -- 15			382014	5,04E+09	2,36E-02	325
15	15 -- 16		177940	559954	5,18E+09	2,33E-02	317
16	16 -- 17			559954	6,30E+09	2,15E-02	272
17	17 -- 18			559954	7,07E+09	2,01E-02	244
18	18 -- 19			559954	7,84E+09	1,88E-02	217
19	19 -- 20			559954	8,61E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		47319	607273	9,38E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			607273	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			607273	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			607273	1,44E+10	9,55E-03	61
24	24 -- 25			607273	1,61E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			607273	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			607273	1,94E+10	3,37E-03	8
27	27 -- 28			607273	2,09E+10	1,65E-03	2
28				607273	2,24E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,19E-02	1833
2	2 -- 3		63182	63182	0,00E+00	6,19E-02	1798
3	3 -- 4			63182	1,44E+08	6,13E-02	1657
4	4 -- 5			63182	3,24E+08	5,96E-02	1485
5	5 -- 6			63182	5,04E+08	5,77E-02	1317
6	6 -- 7		253726	316908	5,33E+08	5,75E-02	1292
7	7 -- 8			316908	1,29E+09	5,54E-02	1156
8	8 -- 9			316908	1,74E+09	5,38E-02	1078
9	9 -- 10			316908	2,20E+09	5,21E-02	1002
10	10 -- 11			316908	3,10E+09	4,84E-02	859
11	11 -- 12		251248	568156	3,23E+09	4,79E-02	839
12	12 -- 13			568156	4,62E+09	4,45E-02	726
13	13 -- 14			568156	6,24E+09	4,01E-02	605
14	14 -- 15			568156	7,86E+09	3,61E-02	496
15	15 -- 16		248406	816562	8,06E+09	3,56E-02	484
16	16 -- 17			816562	9,69E+09	3,27E-02	415
17	17 -- 18			816562	1,08E+10	3,07E-02	372
18	18 -- 19			816562	1,19E+10	2,87E-02	331
19	19 -- 20			816562	1,31E+10	2,68E-02	293
20	20 -- 21		122241	938803	1,42E+10	2,50E-02	257
21	21 -- 22			938803	1,68E+10	2,15E-02	193
22	22 -- 23			938803	1,93E+10	1,80E-02	139
23	23 -- 24			938803	2,19E+10	1,46E-02	94
24	24 -- 25			938803	2,45E+10	1,13E-02	58
25	25 -- 26			938803	2,71E+10	8,17E-03	31
26	26 -- 27			938803	2,97E+10	5,15E-03	13
27	27 -- 28			938803	3,20E+10	2,52E-03	3
28				938803	3,44E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,83E-02	1176
2	2 -- 3		26206	26206	0,00E+00	3,83E-02	1155
3	3 -- 4			26206	5,97E+07	3,80E-02	1068
4	4 -- 5			26206	1,34E+08	3,73E-02	960
5	5 -- 6			26206	2,09E+08	3,66E-02	855
6	6 -- 7		177010	203216	2,21E+08	3,65E-02	838
7	7 -- 8			203216	7,09E+08	3,54E-02	752
8	8 -- 9			203216	9,98E+08	3,45E-02	702
9	9 -- 10			203216	1,29E+09	3,35E-02	653
10	10 -- 11			203216	1,87E+09	3,13E-02	561
11	11 -- 12		176450	379666	1,95E+09	3,10E-02	548
12	12 -- 13			379666	2,88E+09	2,89E-02	475
13	13 -- 14			379666	3,96E+09	2,62E-02	396
14	14 -- 15			379666	5,04E+09	2,36E-02	325
15	15 -- 16		175818	555484	5,18E+09	2,33E-02	317
16	16 -- 17			555484	6,29E+09	2,14E-02	272
17	17 -- 18			555484	7,05E+09	2,01E-02	243
18	18 -- 19			555484	7,81E+09	1,88E-02	216
19	19 -- 20			555484	8,58E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		52792	608276	9,34E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			608276	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			608276	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			608276	1,44E+10	9,54E-03	61
24	24 -- 25			608276	1,60E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			608276	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			608276	1,94E+10	3,36E-03	8
27	27 -- 28			608276	2,09E+10	1,65E-03	2
28				608276	2,24E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,63E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,63E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,24E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,18E-05	1
5	5 -- 6				1,48E+06	2,51E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,44E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	2,11E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,95E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,82E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,62E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,59E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,46E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,35E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,26E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,25E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,20E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,17E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,15E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	1,13E-05	0
20	20 -- 21				9,91E+06	1,11E-05	0
21	21 -- 22				9,91E+06	8,80E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	6,89E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	5,26E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	3,86E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	2,65E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	1,60E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	7,53E-07	0
28					9,91E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,22	63,35	6,20
3	3 -- 4	17,28	64,08	151,47
4	4 -- 5	27,57	65,08	335,52
5	5 -- 6	39,51	66,20	522,60
6	6 -- 7	69,08	320,11	552,44
7	7 -- 8	81,84	321,15	1321,95
8	8 -- 9	90,02	321,79	1780,04
9	9 -- 10	98,67	322,47	2239,08
10	10 -- 11	117,32	323,88	3160,11
11	11 -- 12	147,94	575,33	3289,70
12	12 -- 13	165,66	576,62	4700,84
13	13 -- 14	187,97	578,19	6346,44
14	14 -- 15	214,44	579,83	7996,63
15	15 -- 16	246,22	828,45	8199,61
16	16 -- 17	276,62	829,64	9857,70
17	17 -- 18	290,90	830,48	10999,03
18	18 -- 19	305,66	831,32	12141,51
19	19 -- 20	322,62	832,16	13285,16
20	20 -- 21	356,72	955,27	14464,05
21	21 -- 22	393,84	957,00	17093,42
22	22 -- 23	433,09	958,75	19727,58
23	23 -- 24	474,47	960,47	22366,50
24	24 -- 25	517,97	962,15	25010,11
25	25 -- 26	563,59	963,75	27658,23
26	26 -- 27	611,35	965,19	30310,52
27	27 -- 28	656,60	966,31	32724,90
28		738,54	967,46	35142,11

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 825	6,20	10,22	29	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	151,47	17,28	116	153,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	335,52	27,57	142	341,7	2389,4	0,14
4	500 / 825	522,60	39,51	138	534,3	3197,9	0,17
5	825 / 1366	552,44	69,08	21	565,6	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1321,95	81,84	112	1344,3	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1780,04	90,02	64	1808,1	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2239,08	98,67	62	2273,3	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3160,11	117,32	119	3208,3	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3289,70	147,94	16	3340,2	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4700,84	165,66	94	4766,9	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6346,44	187,97	100	6431,3	9963,0	0,65
13	1366 / 1669	7996,63	214,44	90	8100,7	12754,5	0,64
14	1366 / 1669	8199,61	246,22	10	8306,3	12990,9	0,65
15	1366 / 1669	9857,70	276,62	57	9980,0	14382,9	0,70
16	1366 / 1669	10999,03	290,90	36	11131,8	15381,0	0,73
17	1366 / 1669	12141,51	305,66	34	12284,6	16412,6	0,76
18	1669/ 2590	13285,16	322,62	32	13438,5	19757,0	0,69
19	1669/ 2590	14464,05	356,72	29	14627,9	21002,1	0,70
20	1669/ 2590	17093,42	393,84	53	17278,1	23606,5	0,74
21	1669/ 2590	19727,58	433,09	45	19931,8	26363,2	0,76
22	1669/ 2590	22366,50	474,47	37	22588,3	29272,1	0,78
23	1669/ 2590	25010,11	517,97	30	25247,3	32333,2	0,79
24	1669/ 2590	27658,23	563,59	22	27907,9	35546,6	0,79
25	1669/ 2590	30310,52	611,35	15	30569,5	38912,2	0,79
26	1669/ 2590	32724,90	656,60	8	32989,1	42104,0	0,79
27	1669/ 2590	35142,11	738,54	3	35408,3	45421,5	0,79

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

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

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 825	1,96	0,37	355	355	0,01
2	500 / 825	37,51	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,78	0,76	355	355	0,17
4	500 / 825	68,25	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,72	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	116,25	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	132,91	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	149,23	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	179,75	1,74	355	355	0,51
10	825 / 1366	167,21	2,07	355	355	0,48
11	825 / 1366	217,27	2,21	355	342	0,62
12	825 / 1366	248,91	2,32	355	323	0,71
13	1366 / 1669	243,40	2,22	355	327	0,69
14	1366 / 1669	229,07	2,44	355	325	0,65
15	1366 / 1669	259,02	2,66	355	315	0,74
16	1366 / 1669	265,62	2,68	355	308	0,76
17	1366 / 1669	274,41	2,73	355	302	0,78
18	1669/ 2590	257,18	2,50	355	322	0,73
19	1669/ 2590	254,87	2,64	355	315	0,73
20	1669/ 2590	275,24	2,79	355	304	0,78
21	1669/ 2590	283,42	2,90	355	293	0,81
22	1669/ 2590	288,46	3,01	355	284	0,82
23	1669/ 2590	291,15	3,12	355	275	0,83
24	1669/ 2590	292,07	3,23	355	268	0,83
25	1669/ 2590	291,64	3,35	355	261	0,83
26	1669/ 2590	289,22	3,45	355	255	0,83
27	1669/ 2590	287,33	3,74	355	249	0,82

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

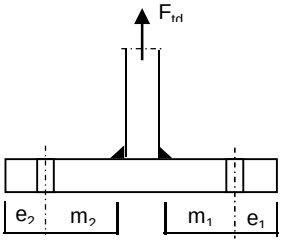
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

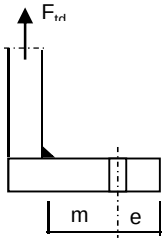
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

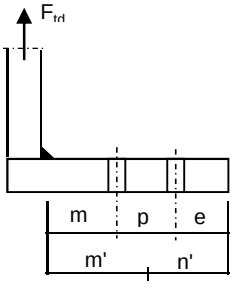
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,36	10,99	28	M 48 - 8,8	848,4	0,72
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	791,80	23,05	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

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

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

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	8,53E+07	2303,27	1395,59	1696,90	1395,59	1228,73	0,88
80	1,11E+08	2995,28	1586,79	1696,90	1586,79	1228,73	0,77
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	791,80	0,79
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	791,80	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2590	1,03	1,545	0,18	8,84

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	468	1,000		1,000			
2	460	0,982	1 -- 2	0,991	133	207	597,3
3	427	0,911	2 -- 3	0,947	588		257,8
4	385	0,824	3 -- 4	0,868	858		301,1
5	345	0,738	4 -- 5	0,781	995		349,2
6	339	0,725	5 -- 6	0,731	187	1378	3477,8
7	306	0,655	6 -- 7	0,690	1063		442,9
8	288	0,614	7 -- 8	0,635	682		478,8
9	269	0,575	8 -- 9	0,595	720		505,5
10	234	0,499	9 -- 10	0,537	1555		545,5
11	229	0,489	10 -- 11	0,494	230	1422	4131,8
12	200	0,428	11 -- 12	0,459	1477		602,7
13	170	0,363	12 -- 13	0,395	1859		652,4
14	141	0,302	13 -- 14	0,332	2205		773,8
15	138	0,295	14 -- 15	0,299	282	1467	4998,0
16	120	0,256	15 -- 16	0,276	1662	872	1266,8
17	108	0,231	16 -- 17	0,244	1190		865,8
18	97	0,208	17 -- 18	0,219	1229		894,1
19	87	0,185	18 -- 19	0,196	1414		1028,3
20	77	0,164	19 -- 20	0,175	1480	337	1321,3
21	59	0,125	20 -- 21	0,145	3094		1124,9
22	43	0,092	21 -- 22	0,108	3271		1189,3
23	29	0,063	22 -- 23	0,077	3448		1253,8
24	19	0,040	23 -- 24	0,051	3625		1318,2
25	10	0,022	24 -- 25	0,031	3802		1382,6
26	4	0,009	25 -- 26	0,015	3979		1447,1
27	1	0,002	26 -- 27	0,006	3771		1508,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3918	2910	2731,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	597	0,991	0,570	0,56	334,44	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,01	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	645,95	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,79	2,23
5 -- 6	3478	0,731	0,450	0,24	837,02	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,69	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,74	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,76	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,64	1,53
10 -- 11	4132	0,494	0,400	0,10	403,67	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,75	1,12
12 -- 13	652	0,395	2,850	0,45	290,82	1,13
13 -- 14	774	0,332	2,850	0,31	243,62	0,95
14 -- 15	4998	0,299	0,350	0,03	155,99	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,60	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,76	0,34
17 -- 18	894	0,219	1,375	0,07	59,19	0,30
18 -- 19	1028	0,196	1,375	0,05	54,50	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,33	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,64	0,40
21 -- 22	1189	0,108	2,750	0,03	38,39	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,57	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,55	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,58	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,94	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6410,08	19,08

m_e = 6410,1 / 11,7 = 548,5 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2590	548,5	0,030	1,25	1,545	11,0

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 11,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,08 / (4 * π * 11,69) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,545 * 8,84 / $15*10^{-6}$ = 9,1E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

K_w = 7,94 / 19,08 = 0,42

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

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

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		188250	188250	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			188250	1,07E+08	5,3E-02	970
3	3 -- 4			188250	5,37E+08	5,0E-02	852
4	4 -- 5			188250	1,07E+09	4,4E-02	718
5	5 -- 6			188250	1,61E+09	3,8E-02	601
6	6 -- 7			188250	1,69E+09	3,7E-02	584
7	7 -- 8			188250	2,15E+09	3,3E-02	500
8	8 -- 9			188250	2,41E+09	3,0E-02	455
9	9 -- 10			188250	2,68E+09	2,8E-02	413
10	10 -- 11			188250	3,22E+09	2,4E-02	339
11	11 -- 12			188250	3,29E+09	2,4E-02	329
12	12 -- 13			188250	3,76E+09	2,0E-02	275
13	13 -- 14			188250	4,29E+09	1,7E-02	221
14	14 -- 15			188250	4,83E+09	1,5E-02	176
15	15 -- 16			188250	4,89E+09	1,4E-02	171
16	16 -- 17			188250	5,27E+09	1,3E-02	144
17	17 -- 18			188250	5,53E+09	1,2E-02	127
18	18 -- 19			188250	5,79E+09	1,1E-02	112
19	19 -- 20			188250	6,05E+09	9,7E-03	98
20	20 -- 21			188250	6,31E+09	8,9E-03	85
21	21 -- 22			188250	6,82E+09	7,4E-03	63
22	22 -- 23			188250	7,34E+09	6,0E-03	45
23	23 -- 24			188250	7,86E+09	4,8E-03	30
24	24 -- 25			188250	8,38E+09	3,6E-03	18
25	25 -- 26			188250	8,89E+09	2,6E-03	10
26	26 -- 27			188250	9,41E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			188250	9,88E+09	7,7E-04	1
28	28 -- 29			188250	1,04E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	18,0	3466902	31	0,0467	2,9
2	608	18,0	4784830	112	0,0467	10,5
3	717	18,0	6730689	159	0,0467	14,9
4	825	18,0	9008164	179	0,0467	16,7
5	842	20,0	10367648	163	0,0467	15,3
6	933	20,0	12824815	167	0,0467	15,6
7	987	20,0	14407388	168	0,0467	15,7
8	1042	20,0	16082078	167	0,0467	15,6
9	1150	20,0	19707810	163	0,0467	15,3
10	1165	20,0	20246171	163	0,0467	15,2
11	1258	20,0	23702011	158	0,0467	14,8
12	1366	20,0	28064684	153	0,0467	14,3
13	1475	22,0	35928268	134	0,0467	12,6
14	1488	22,0	36593954	134	0,0467	12,5
15	1564	22,0	40515138	130	0,0467	12,2
16	1616	22,0	43326738	128	0,0467	11,9
17	1669	22,0	46232682	125	0,0467	11,7
18	1721	25,0	55653435	109	0,0467	10,2
19	1773	25,0	59160831	107	0,0467	10,0
20	1878	25,0	66497249	103	0,0467	9,6
21	1982	25,0	74262503	99	0,0467	9,2
22	2087	25,0	82456593	95	0,0467	8,9
23	2191	25,0	91079518	92	0,0467	8,6
24	2296	25,0	100131278	89	0,0467	8,3
25	2400	25,0	109611876	86	0,0467	8,0
26	2495	25,0	118602731	83	0,0467	7,8
27	2590	25,0	127947996	81	0,0467	7,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

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

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

$V_{crit,1}$ = 8,84 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

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

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

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

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

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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,03 * [8,84 / 6,25]^2 * \exp[-(8,84 / 6,25)^2]$ = 2,67E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

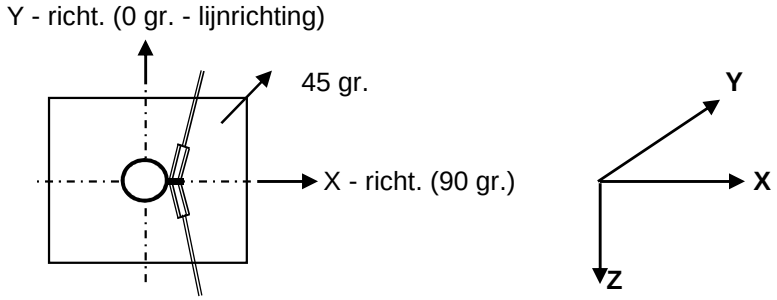
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	12,58	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
4	Lasnaad	17,88	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
5	Lasnaad	20,04	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
7	Lasnaad	18,77	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
9	Lasnaad	18,71	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
10	Lasnaad	18,32	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
12	Lasnaad	17,77	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
13	Lasnaad	17,15	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
14	Lasnaad	15,07	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
16	flenzen	14,59	35	19,25	1,000E+10	2,67E+08	0,03
18	Lasnaad	14,04	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
20	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
21	Lasnaad	11,51	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
22	Lasnaad	11,09	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
23	Lasnaad	10,69	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
24	Lasnaad	10,32	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
25	Lasnaad	9,96	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
26	Lasnaad	9,63	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
27	Lasnaad	9,35	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
28	voetplaat	9,08	35	19,25	1,000E+10	2,67E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			637			
2 - Windbelasting mast	102				2623	
3 - Belasting geval 1a	767		51		28588	
4 - Belasting geval 1b	607		51		22442	
5 - Belasting geval 3	939		101		34404	
6 - Belasting geval 4	608		62		22433	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	869		688		31211	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	626		688		22933	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	967		**739**		**35142**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	627		699		22925	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	29395	kNm	35142	kNm	35142	kNm
Dwarskracht	821	kN	967	kN	967	kN
Verticale kracht	573	kN	739	kN	516	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,36	10,99	28	M 48 - 8,8	848,45	0,72
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	514,39	9,33	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 614,4 kN

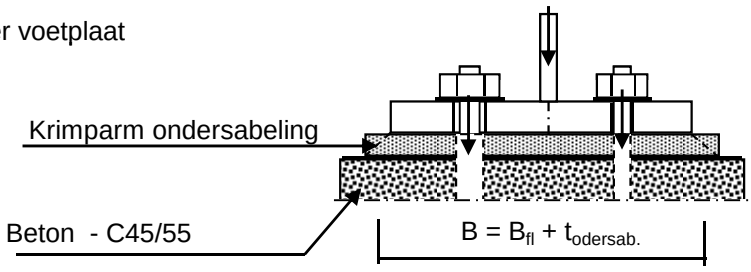
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 514,4 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 631,1 + 1,00 * 514,4 = 1145,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

B_{fl} = 575,0 mm D = 2565 mm

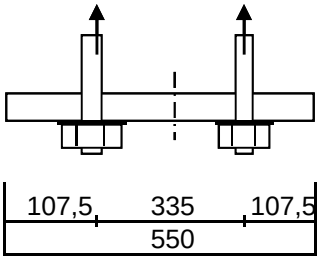
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

B = 615,0 mm

A_{voetpl} = 615 * $2*\pi*D / n$ = 112631 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

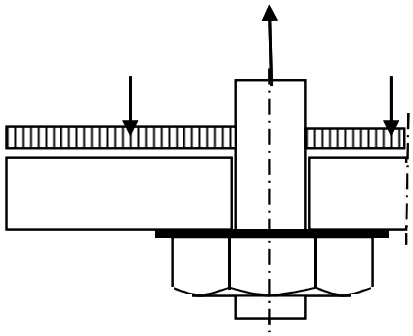


D = 2565 mm
n = 88

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

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

Dikte instortring



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

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

$M_{Ed;st}$ = 70485 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2043 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100638 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100638 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2043 N/mm'

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

M_{Ed} / M_{Rd} = 100638 / 108718,8 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,6 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2043 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (329,0^2 + 3*58,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 344 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage F en F2

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	69099	136417
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	68440	135838
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67663	135195
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9550	18404
	Comp. gl	4038	18593	36940
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74601	157630
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74522	157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74427	157629
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9699	20385
	Comp. gl	4036	19711	41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	102011	212189
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101777	212153
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101495	212121
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25470	52487
	Comp. gl	16332	50723	105767
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	74035	156415
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73959	156420
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73868	156429
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10892	22942
	Comp. gl	5542	22200	47022
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548
	GW / opgw	2190	8930	19151
	Comp. gl	4543	18490	39651
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	66108	134063
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65748	133837
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	65321	133591
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8934	17798
	Comp. gl	4038	17864	36390
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74228	157643

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74180	157649
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74122	157657
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9629	20378
	Comp. gl	4036	19619	41690
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100910	212097
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100769	212100
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100599	212109
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25127	52487
	Comp. gl	16332	50266	105824
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73676	156457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73629	156466
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73572	156478
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10827	22947
	Comp. gl	5542	22113	47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	118454	199880
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	113403	192895
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	107265	184441
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	19085	31373
	Comp. gl	4040	30869	52708
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79960	160657
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79369	160158
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78672	159604
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10789	21228
	Comp. gl	4037	21025	42392
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	118675	224261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	116823	222436
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114635	220373
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30406	55385
	Comp. gl	16334	56902	108190
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78928	158439
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78401	158076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77777	157679

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	11801	23398
	Comp. gl	5542	23339	47353
1a	380C1F1 / 380C2F1	14917	123814	207307
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14916	118362	199753
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14915	111722	190574
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1949	20059	32742
	Comp. gl	4040	32230	54613
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80606	161230
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79949	160648
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	79176	160000
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10923	21373
	Comp. gl	4037	21183	42528
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	120693	226319
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	118641	224227
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	116217	221853
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8086	30988	55896
	Comp. gl	16334	57618	108686
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79503	158859
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78919	158432
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	78228	157962
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11910	23487
	Comp. gl	5542	23469	47430
1a	380C1F1 / 380C2F1	11179	57785	112156
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56994	111294
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	56064	110322
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8116	15328
	Comp. gl	3028	15404	30103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61898	130388
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61812	130372
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61709	130356
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7963	16663
	Comp. gl	3027	16144	34035

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91718	190117
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91471	190054
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	91176	189992
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24429	50253
	Comp. gl	15319	48561	101130
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62365	131388
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62285	131385
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62189	131384
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9383	19707
	Comp. gl	4531	19087	40346
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497
	GW / opgw	1460	6468	13870
	Comp. gl	3028	13424	28788
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	54216	108561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53792	108198
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	53292	107797
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7375	14456
	Comp. gl	3028	14538	29256
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61496	130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61445	130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61383	130340
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7886	16640
	Comp. gl	3027	16045	34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90565	189911
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90418	189903
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90242	189899
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24080	50242
	Comp. gl	15319	48098	101176
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61989	131395
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61940	131400

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61882	131408
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9315	19705
	Comp. gl	4531	18997	40356
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	113535	189336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	108119	181567
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	101477	172033
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18597	30325
	Comp. gl	3030	29376	49508
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68174	135384
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67462	134624
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66625	133769
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9264	17959
	Comp. gl	3027	17678	35215
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	109902	205450
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	107866	203231
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105460	200699
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29513	53473
	Comp. gl	15321	54907	103913
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67821	134621
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67217	134094
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66505	133508
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10387	20364
	Comp. gl	4531	20322	40883
1a	380C1F1 / 380C2F1	11187	119241	197506
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11186	113437	189195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11185	106307	178966
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19608	31776
	Comp. gl	3030	30838	51628
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68954	136246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	68161	135370
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	67229	134382
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9428	18166

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	17869	35422
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	112117	207932
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	109864	205408
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	107199	202519
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	30115	54026
	Comp. gl	15321	55647	104462
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68481	135225
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67810	134611
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	67020	133927
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10509	20483
	Comp. gl	4531	20467	40993

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	58367	117326
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57958	117006
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57476	116653
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7923	15607
	Comp. gl	3365	15695	31704
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65890	139733
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65839	139735
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65777	139739
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8488	17925
	Comp. gl	3363	17277	36661
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83791	175308
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83636	175288
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83451	175270
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19827	41097
	Comp. gl	11555	39606	82930
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62782	133068
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62733	133074
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62673	133082
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9034	19096
	Comp. gl	4367	18474	39227
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56507	116043
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56282	115924
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	56014	115796
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7542	15268
	Comp. gl	3365	15242	31407
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65647	139755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65616	139760
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65578	139767
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8442	17924
	Comp. gl	3363	17217	36667

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83064	175261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82971	175265
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82858	175273
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19596	41092
	Comp. gl	11555	39299	82964
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62547	133104
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62516	133111
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62478	133120
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8991	19100
	Comp. gl	4367	18417	39239
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	90373	157721
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	86956	152956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82840	147267
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	14241	24172
	Comp. gl	3366	23590	41597
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69264	141327
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68896	141050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68462	140746
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9168	18388
	Comp. gl	3363	18105	37029
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	94752	183044
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93529	181851
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	92087	180510
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	23204	43218
	Comp. gl	11556	43804	84720
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65925	134163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65590	133956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65192	133730
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9622	19361
	Comp. gl	4367	19214	39406
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	94024	162842
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	90310	157634

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	85824	151386
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14920	25150
	Comp. gl	3366	24508	42891
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69665	141646
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	69257	141321
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68776	140963
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9251	18472
	Comp. gl	3363	18203	37105
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	96087	184395
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	94729	183021
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	93129	181472
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23606	43590
	Comp. gl	11556	44295	85080
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	66290	134405
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65919	134159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65480	133891
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9691	19414
	Comp. gl	4367	19298	39452

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H350(+5)"

Mast 2 en 25

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-'12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H350(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage H, H1 en H2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H350(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H350(+5) zijn de bijlage H en H1 (berekening maststerkte) en bijlage H2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 55,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,590 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten. De segmenten zijn 27.0 meter en 28.0 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H350(+5) zijn de bijlage H en H1 (berekening maststerkte) en bijlage H2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2H350(+5)”

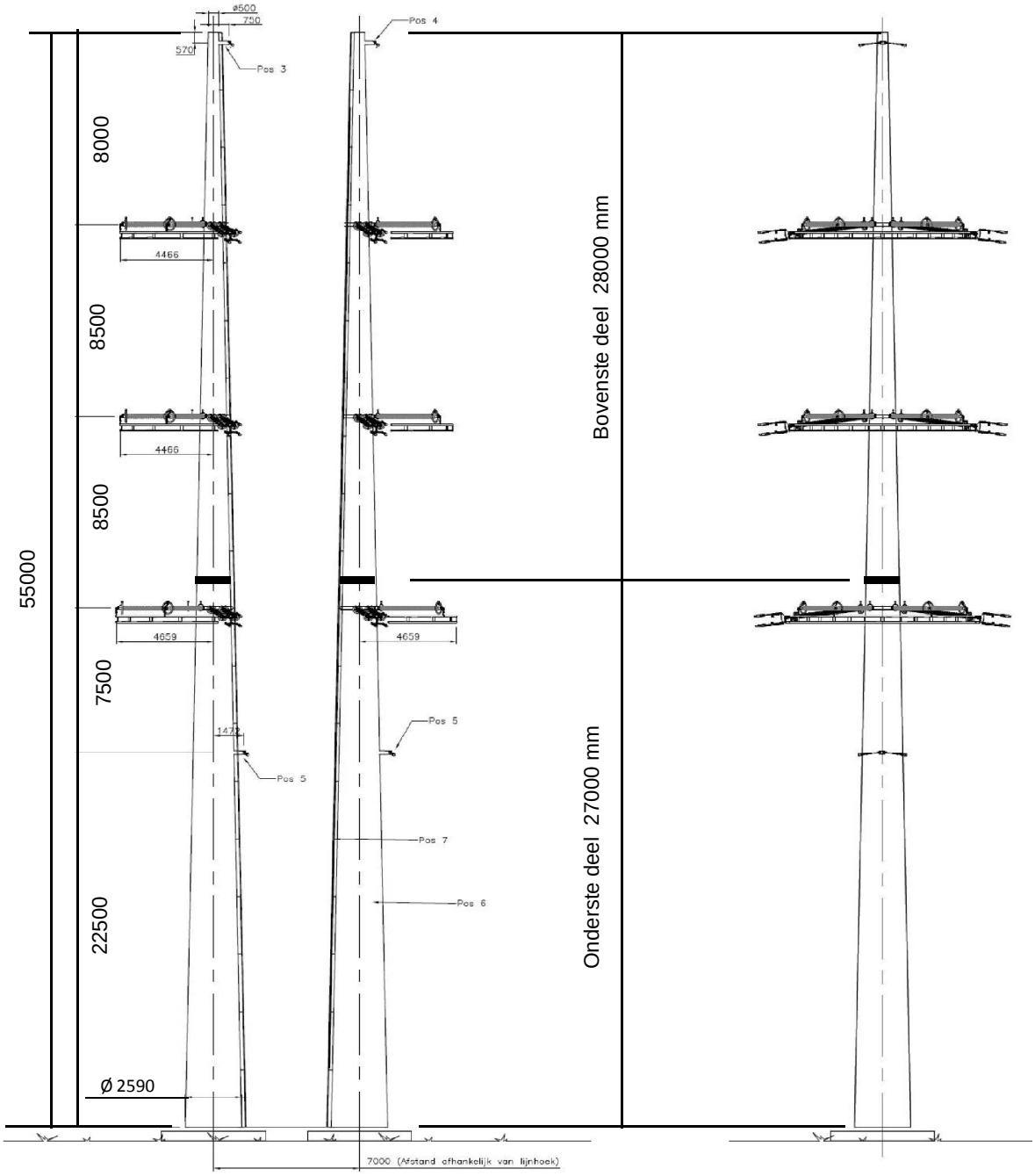
Berekening

W2H350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 2 en 25

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

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

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	522	500	n.v.t.	2	1	54,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	53,29
3	1425	662	608	n.v.t.	2	1	51,44
4	1425	717	662	n.v.t.	2	1	50,01
5	2300	804	717	n.v.t.	2	1	48,15
6	550	825	804	n.v.t.	2	1	46,73
7	1425	879	825	n.v.t.	2	1	45,74
8	1425	933	879	n.v.t.	2	1	44,31
9	2850	1042	933	n.v.t.	2	1	42,18
10	2250	1127	1042	n.v.t.	2	1	39,63
11	600	1150	1127	n.v.t.	2	1	38,20
12	2850	1258	1150	n.v.t.	2	1	36,48
13	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	33,63
14	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	31,10
15	650	1475	1450	n.v.t.	2	1	29,68
16	2350	1564	1475	n.v.t.	2	1	28,18
17	2750	1669	1564	n.v.t.	2	1	25,63
18	1750	1735	1564	n.v.t.	2	1	23,38
19	1000	1773	1735	n.v.t.	2	1	22,00
20	2750	1878	1773	n.v.t.	2	1	20,13
21	2750	1982	1878	n.v.t.	2	1	17,38
22	2750	2087	1982	n.v.t.	2	1	14,63
23	2750	2191	2087	n.v.t.	2	1	11,88
24	2750	2296	2191	n.v.t.	2	1	9,13
25	2750	2400	2296	n.v.t.	2	1	6,38
26	2500	2495	2400	n.v.t.	2	1	3,75
27	2500	2590	2495	n.v.t.	2	1	1,25
	55000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	15,0	23365	183,42	7,19E+08	175,38	2,81E+06
2	565	15,0	25917	203,45	9,81E+08	194,52	3,47E+06
3	635	15,0	29234	229,49	1,41E+09	219,40	4,43E+06
4	690	15,0	31786	249,52	1,81E+09	238,54	5,25E+06
5	760	15,0	35121	275,70	2,44E+09	263,56	6,42E+06
6	814	15,0	37673	295,73	3,01E+09	282,70	7,39E+06
7	852	18,0	47160	370,21	4,10E+09	294,92	9,63E+06
8	906	18,0	50222	394,24	4,95E+09	314,06	1,09E+07
9	987	18,0	54815	430,30	6,44E+09	342,78	1,30E+07
10	1084	20,0	66869	524,92	9,47E+09	376,34	1,75E+07
11	1138	20,0	70271	551,63	1,10E+10	395,48	1,93E+07
12	1204	20,0	74390	583,96	1,30E+10	418,65	2,17E+07
13	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
14	1408	22,0	95807	752,09	2,30E+10	490,16	3,27E+07
15	1462	22,0	99550	781,47	2,58E+10	509,30	3,53E+07
16	1519	22,0	103489	812,39	2,90E+10	529,45	3,82E+07
17	1616	22,0	110187	864,97	3,50E+10	563,71	4,33E+07
18	1650	22,0	112485	883,01	3,72E+10	575,46	4,52E+07
19	1754	22,0	119707	939,70	4,49E+10	612,40	5,12E+07
20	1825	25,0	141391	1109,92	5,73E+10	636,55	6,28E+07
21	1930	25,0	149599	1174,35	6,79E+10	673,49	7,03E+07
22	2034	25,0	157806	1238,78	7,96E+10	710,43	7,83E+07
23	2139	25,0	166014	1303,21	9,27E+10	747,38	8,67E+07
24	2243	25,0	174221	1367,63	1,07E+11	784,32	9,56E+07
25	2348	25,0	182428	1432,06	1,23E+11	821,26	1,05E+08
26	2448	25,0	190263	1493,56	1,40E+11	856,53	1,14E+08
27	2543	25,0	197724	1552,13	1,57E+11	890,11	1,23E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	55000	1 -- 2	1	570	2,34E+04	7,19E+08
2	54430	2 -- 3	2	2280	2,59E+04	9,81E+08
3	52150	3 -- 4	3	1425	2,92E+04	1,41E+09
4	50725	4 -- 5	4	1425	3,18E+04	1,81E+09
5	49300	5 -- 6	5	2300	3,51E+04	2,44E+09
6	47000	6 -- 7	6	550	3,77E+04	3,01E+09
7	46450	7 -- 8	7	1425	4,72E+04	4,10E+09
8	45025	8 -- 9	8	1425	5,02E+04	4,95E+09
9	43600	9 -- 10	9	2850	5,48E+04	6,44E+09
10	40750	10 -- 11	10	2250	6,69E+04	9,47E+09
11	38500	11 -- 12	11	600	7,03E+04	1,10E+10
12	37900	12 -- 13	12	2850	7,44E+04	1,30E+10
13	35050	13 -- 14	13	2850	8,12E+04	1,70E+10
14	32200	14 -- 15	14	2200	9,58E+04	2,30E+10
15	30000	15 -- 16	15	650	9,95E+04	2,58E+10
16	29350	16 -- 17	16	2350	1,03E+05	2,90E+10
17	27000	17 -- 18	17	2750	1,10E+05	3,50E+10
18	24250	18 -- 19	18	1750	1,12E+05	3,72E+10
19	22500	19 -- 20	19	1000	1,20E+05	4,49E+10
20	21500	20 -- 21	20	2750	1,41E+05	5,73E+10
21	18750	21 -- 22	21	2750	1,50E+05	6,79E+10
22	16000	22 -- 23	22	2750	1,58E+05	7,96E+10
23	13250	23 -- 24	23	2750	1,66E+05	9,27E+10
24	10500	24 -- 25	24	2750	1,74E+05	1,07E+11
25	7750	25 -- 26	25	2750	1,82E+05	1,23E+11
26	5000	26 -- 27	26	2500	1,90E+05	1,40E+11
27	2500	27 -- 28	27	2500	1,98E+05	1,57E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	54,72	0,21	1,17	31,72	0,18	1413
2	53,29	0,21	1,17	31,57	0,18	1404
3	51,44	0,21	1,16	31,37	0,18	1391
4	50,01	0,21	1,16	31,21	0,18	1381
5	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
6	46,73	0,21	1,14	30,83	0,18	1356
7	45,74	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
8	44,31	0,21	1,13	30,53	0,19	1338
9	42,18	0,21	1,12	30,25	0,19	1320
10	39,63	0,21	1,11	29,90	0,19	1298
11	38,20	0,21	1,10	29,69	0,19	1285
12	36,48	0,21	1,09	29,43	0,19	1269
13	33,63	0,21	1,07	28,97	0,20	1241
14	31,10	0,21	1,06	28,53	0,20	1214
15	29,68	0,21	1,05	28,26	0,20	1198
16	28,18	0,21	1,04	27,97	0,20	1181
17	25,63	0,21	1,02	27,43	0,21	1149
18	23,38	0,21	1,00	26,91	0,21	1118
19	22,00	0,21	0,98	26,57	0,21	1098
20	20,13	0,21	0,97	26,07	0,22	1069
21	17,38	0,21	0,93	25,24	0,22	1022
22	14,63	0,21	0,90	24,26	0,23	968
23	11,88	0,21	0,86	23,09	0,24	904
24	9,13	0,21	0,80	21,60	0,26	826
25	6,38	0,21	0,72	19,57	0,29	723
26	3,75	0,21	0,63	16,93	0,33	598
27	1,25	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1131	300	0,30	0,00	1,71E-02	542,84
2	2 -- 3	4981	3394	4,82	0,49	1,71E-02	533,08
3	3 -- 4	3484		9,81	17,17	1,70E-02	494,12
4	4 -- 5	3769		13,29	33,63	1,69E-02	469,92
5	5 -- 6	6686		17,06	55,25	1,67E-02	445,93
6	6 -- 7	1709	26134	49,88	102,18	1,64E-02	407,78
7	7 -- 8	5489		51,59	130,08	1,63E-02	398,79
8	8 -- 9	5832		57,08	207,50	1,60E-02	375,75
9	9 -- 10	12691		62,91	293,00	1,57E-02	353,15
10	10 -- 11	12148		75,60	490,37	1,49E-02	309,54
11	11 -- 12	3400	26534	114,28	674,14	1,42E-02	276,80
12	12 -- 13	17070		117,68	743,73	1,40E-02	268,34
13	13 -- 14	18593		134,75	1103,45	1,31E-02	229,66
14	14 -- 15	16876		153,35	1513,99	1,20E-02	193,85
15	15 -- 16	5177	27016	197,24	1869,91	1,12E-02	168,23
16	16 -- 17	19444		202,41	1999,80	1,10E-02	160,99
17	17 -- 18	24199	8716	230,57	2498,32	1,02E-02	136,08
18	18 -- 19	15715		254,77	3165,67	9,09E-03	109,56
19	19 -- 20	9547	6730	277,22	3625,27	8,33E-03	94,30
20	20 -- 21	30935		286,77	3907,27	7,93E-03	86,16
21	21 -- 22	32707		317,70	4738,41	6,95E-03	65,66
22	22 -- 23	34479		350,41	5657,06	5,95E-03	47,89
23	23 -- 24	36251		384,89	6668,09	4,93E-03	32,89
24	24 -- 25	38022		421,14	7776,37	3,92E-03	20,68
25	25 -- 26	39794		459,16	8986,78	2,89E-03	11,29
26	26 -- 27	37714		498,95	10304,18	1,87E-03	4,71
27	27 -- 28	39178		536,67	11598,71	9,34E-04	1,19
28			31251	607,10	12989,36	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,1	30,0	0,543	756,63	41,572
2	2 -- 3	498,1	339,4	0,533	4284,35	227,832
3	3 -- 4	348,4		0,494	1647,45	80,949
4	4 -- 5	376,9		0,470	1693,34	79,045
5	5 -- 6	668,6		0,446	2799,81	121,826
6	6 -- 7	170,9	2613,4	0,408	11130,67	462,366
7	7 -- 8	548,9		0,399	2085,39	82,324
8	8 -- 9	583,2		0,376	2084,97	77,458
9	9 -- 10	1269,1		0,353	4125,18	139,332
10	10 -- 11	1214,8		0,310	3493,81	104,411
11	11 -- 12	340,0	2653,4	0,277	8114,09	228,558
12	12 -- 13	1707,0		0,268	4169,72	105,836
13	13 -- 14	1859,3		0,230	3862,26	83,369
14	14 -- 15	1687,6		0,194	2997,10	55,309
15	15 -- 16	517,7	2701,6	0,168	5294,41	90,482
16	16 -- 17	1944,4		0,161	2833,20	42,898
17	17 -- 18	2419,9	871,6	0,136	4079,32	52,646
18	18 -- 19	1571,5		0,110	1571,45	16,329
19	19 -- 20	954,7	673,0	0,094	1467,68	13,758
20	20 -- 21	3093,5		0,086	2303,73	17,827
21	21 -- 22	3270,7		0,066	1821,60	10,542
22	22 -- 23	3447,9		0,048	1366,09	5,624
23	23 -- 24	3625,1		0,033	952,59	2,601
24	24 -- 25	3802,2		0,021	596,31	0,972
25	25 -- 26	3979,4		0,011	312,35	0,255
26	26 -- 27	3771,4		0,005	109,18	0,033
27	27 -- 28	3917,8		0,001	22,85	0,001
28			3125,1	0,000	0,00	0,000
				Som	75976	2144

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

$n_{1,x}$	=	0,95	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	846	0,991	0,570	0,56	473,86	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,85	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,70	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,24	1,20
5 -- 6	1427	0,786	2,300	1,42	2029,37	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,32	0,41
7 -- 8	385	0,713	1,425	0,73	279,37	1,02
8 -- 9	409	0,671	1,425	0,64	262,86	0,96
9 -- 10	445	0,610	2,850	1,06	472,83	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,22	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,71	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,16	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	282,91	1,11
14 -- 15	1995	0,333	2,200	0,24	488,16	0,73
15 -- 16	796	0,303	0,650	0,06	47,60	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	210,84	0,64
17 -- 18	880	0,226	2,750	0,14	123,88	0,62
18 -- 19	1283	0,188	1,750	0,06	79,14	0,33
19 -- 20	955	0,166	1,000	0,03	26,38	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	60,50	0,38
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	35,77	0,29
22 -- 23	1254	0,074	2,750	0,02	19,09	0,20
23 -- 24	1318	0,049	2,750	0,01	8,83	0,14
24 -- 25	1383	0,029	2,750	0,00	3,30	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,86	0,04
26 -- 27	1509	0,005	2,500	0,00	0,11	0,01
27 -- 28	2817	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,55	7561,89	18,90

m_e = 7561,9 / 11,6 = 654,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,95	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	79,18	

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

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,054	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,066	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,36	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,58	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,76	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,15	
R^2 =	0,81	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,75	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,67

$c_s c_d$ = **1,11**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,7	1,08E+06	0,77	0,80	0,62
2	31,6	1,19E+06	0,77	0,80	0,62
3	31,4	1,33E+06	0,77	0,80	0,62
4	31,2	1,43E+06	0,77	0,80	0,62
5	31,0	1,57E+06	0,77	0,80	0,61
6	30,8	1,67E+06	0,77	0,80	0,61
7	30,7	1,74E+06	0,77	0,80	0,61
8	30,5	1,84E+06	0,77	0,80	0,61
9	30,2	1,99E+06	0,77	0,80	0,61
10	29,9	2,16E+06	0,77	0,80	0,61
11	29,7	2,25E+06	0,77	0,80	0,61
12	29,4	2,36E+06	0,76	0,80	0,61
13	29,0	2,53E+06	0,76	0,80	0,61
14	28,5	2,68E+06	0,76	0,80	0,61
15	28,3	2,76E+06	0,76	0,80	0,61
16	28,0	2,83E+06	0,76	0,80	0,61
17	27,4	2,96E+06	0,76	0,80	0,61
18	26,9	2,96E+06	0,76	0,80	0,61
19	26,6	3,11E+06	0,76	0,80	0,60
20	26,1	3,17E+06	0,76	0,80	0,60
21	25,2	3,25E+06	0,75	0,80	0,60
22	24,3	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,1	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
24	21,6	3,23E+06	0,74	0,80	0,59
25	19,6	3,06E+06	0,74	0,80	0,59
26	16,9	2,76E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,87E+06	0,73	0,80	0,58

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - H, H1 en H2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	22,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	54,43	0,761
1e traverse - 380C1F1	47,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	38,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	30,00	0,000
Passieve run	22,50	2,068

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	22,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1045	86	1131	0,180	0,068	390	0,685
2	4639	342	4981	0,794	0,274	1668	0,732
3	3270	214	3484	0,557	0,171	1128	0,791
4	3556	214	3769	0,604	0,171	1192	0,836
5	6341	345	6686	1,074	0,276	2055	0,894
6	1627	83	1709	0,275	0,066	515	0,936
7	5275	214	5489	0,745	0,171	1375	0,965
8	5618	214	5832	0,792	0,171	1433	1,006
9	12264	428	12691	1,723	0,342	3035	1,065
10	11811	338	12148	1,492	0,270	2546	1,132
11	3310	90	3400	0,417	0,072	700	1,167
12	16643	428	17070	2,095	0,342	3443	1,208
13	18165	428	18593	2,280	0,342	3622	1,271
14	16546	330	16876	1,886	0,264	2906	1,321
15	5080	98	5177	0,578	0,078	875	1,346
16	19091	353	19444	2,169	0,282	3222	1,371
17	23787	413	24199	2,696	0,330	3870	1,407
18	15453	263	15715	1,748	0,210	2437	1,393
19	9397	150	9547	1,061	0,120	1444	1,444
20	30523	413	30935	3,031	0,330	4001	1,455
21	32295	413	32707	3,195	0,330	4011	1,459
22	34066	413	34479	3,357	0,330	3973	1,445
23	35838	413	36251	3,514	0,330	3868	1,407
24	37610	413	38022	3,665	0,330	3671	1,335
25	39382	413	39794	3,802	0,330	3327	1,210
26	37339	375	37714	3,555	0,300	2566	1,027
27	38803	375	39178	3,694	0,300	2659	1,063
	468772	8250	477022	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	65931

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	2381	360	360	360	360
2	2 -- 3	2621	4074	4072	16348	5578
3	3 -- 4	2934				
4	4 -- 5	3174				
5	5 -- 6	3488				
6	6 -- 7	3729	31367	31351	52933	37377
7	7 -- 8	4622				
8	8 -- 9	4911				
9	9 -- 10	5344				
10	10 -- 11	6479				
11	11 -- 12	6800	31844	31830	53412	37856
12	12 -- 13	7188				
13	13 -- 14	7829				
14	14 -- 15	9205				
15	15 -- 16	9558	32423	32409	53991	38435
16	16 -- 17	9929				
17	17 -- 18	10560	10460	10460	10460	10460
18	18 -- 19	10776				
19	19 -- 20	11456	8076	8072	32664	11084
20	20 -- 21	13499				
21	21 -- 22	14272				
22	22 -- 23	15045				
23	23 -- 24	15818				
24	24 -- 25	16592				
25	25 -- 26	17365				
26	26 -- 27	18103				
27	27 -- 28	18806				
28			37501	37501	37501	37501

KEMA rapport - bijlage H - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	685				
2	2 -- 3	732	28482	18336	46408	19244
3	3 -- 4	791				
4	4 -- 5	836				
5	5 -- 6	894				
6	6 -- 7	936	180746	138528	189504	131850
7	7 -- 8	965				
8	8 -- 9	1006				
9	9 -- 10	1065				
10	10 -- 11	1132				
11	11 -- 12	1167	173912	137792	187058	131180
12	12 -- 13	1208				
13	13 -- 14	1271				
14	14 -- 15	1321				
15	15 -- 16	1346	165680	136924	184174	130384
16	16 -- 17	1371				
17	17 -- 18	1407				
18	18 -- 19	1393				
19	19 -- 20	1444	47180	36210	87608	38428
20	20 -- 21	1455				
21	21 -- 22	1459				
22	22 -- 23	1445				
23	23 -- 24	1407				
24	24 -- 25	1335				
25	25 -- 26	1210				
26	26 -- 27	1027				
27	27 -- 28	1063				
28						

KEMA rapport - bijlage H2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1095				
2	2 -- 3	1171	38170	21578	60812	23602
3	3 -- 4	1266				
4	4 -- 5	1338				
5	5 -- 6	1430				
6	6 -- 7	1498	236908	159920	237350	157856
7	7 -- 8	1544				
8	8 -- 9	1609				
9	9 -- 10	1704				
10	10 -- 11	1811				
11	11 -- 12	1867	226806	158738	233646	156802
12	12 -- 13	1933				
13	13 -- 14	2033				
14	14 -- 15	2113				
15	15 -- 16	2154	214530	157344	229270	155554
16	16 -- 17	2194				
17	17 -- 18	2251				
18	18 -- 19	2228				
19	19 -- 20	2310	61738	42050	113804	46678
20	20 -- 21	2328				
21	21 -- 22	2334				
22	22 -- 23	2311				
23	23 -- 24	2251				
24	24 -- 25	2136				
25	25 -- 26	1936				
26	26 -- 27	1642				
27	27 -- 28	1702				
28						

KEMA rapport - bijlage G - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	390		0	0,00E+00	2,63E-03	79
2	2 -- 3	1668		390	1,18E+05	2,62E-03	77
3	3 -- 4	1128		2058	2,97E+06	2,61E-03	71
4	4 -- 5	1192		3186	6,75E+06	2,59E-03	68
5	5 -- 6	2055		4378	1,22E+07	2,55E-03	64
6	6 -- 7	515		6433	2,49E+07	2,47E-03	58
7	7 -- 8	1375		6948	2,87E+07	2,45E-03	57
8	8 -- 9	1433		8323	3,97E+07	2,39E-03	53
9	9 -- 10	3035		9756	5,28E+07	2,33E-03	50
10	10 -- 11	2546		12791	8,54E+07	2,19E-03	44
11	11 -- 12	700		15337	1,18E+08	2,07E-03	39
12	12 -- 13	3443		16037	1,27E+08	2,04E-03	38
13	13 -- 14	3622		19480	1,79E+08	1,88E-03	32
14	14 -- 15	2906		23102	2,40E+08	1,72E-03	27
15	15 -- 16	875		26008	2,95E+08	1,60E-03	23
16	16 -- 17	3222		26883	3,12E+08	1,56E-03	22
17	17 -- 18	3870		30105	3,80E+08	1,43E-03	19
18	18 -- 19	2437		33974	4,69E+08	1,27E-03	15
19	19 -- 20	1444		36412	5,31E+08	1,16E-03	13
20	20 -- 21	4001		37856	5,69E+08	1,10E-03	12
21	21 -- 22	4011		41856	6,79E+08	9,56E-04	9
22	22 -- 23	3973		45868	8,01E+08	8,13E-04	6
23	23 -- 24	3868		49840	9,33E+08	6,71E-04	4
24	24 -- 25	3671		53709	1,08E+09	5,29E-04	3
25	25 -- 26	3327		57380	1,23E+09	3,88E-04	2
26	26 -- 27	2566		60706	1,39E+09	2,49E-04	1
27	27 -- 28	2659		63273	1,55E+09	1,24E-04	0
28				65931	1,71E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,38E-02	1293
2	2 -- 3		28482	147509	1,19E+05	4,38E-02	1268
3	3 -- 4			1112416	6,60E+07	4,34E-02	1168
4	4 -- 5			1921635	1,07E+08	4,30E-02	1107
5	5 -- 6			2949559	1,49E+08	4,25E-02	1046
6	6 -- 7		180746	7909648	2,19E+08	4,17E-02	949
7	7 -- 8			9076521	3,36E+08	4,15E-02	926
8	8 -- 9			12382603	6,37E+08	4,07E-02	867
9	9 -- 10			15943043	9,39E+08	3,96E-02	810
10	10 -- 11			24124267	1,54E+09	3,70E-02	701
11	11 -- 12		173912	33460216	2,02E+09	3,50E-02	620
12	12 -- 13			35883922	2,26E+09	3,44E-02	599
13	13 -- 14			48443027	3,36E+09	3,15E-02	505
14	14 -- 15			61421440	4,46E+09	2,84E-02	419
15	15 -- 16		165680	73308824	5,32E+09	2,62E-02	359
16	16 -- 17			76671968	5,68E+09	2,55E-02	342
17	17 -- 18			89713953	6,98E+09	2,31E-02	285
18	18 -- 19			104735149	8,51E+09	2,02E-02	225
19	19 -- 20		47180	113993420	9,48E+09	1,82E-02	192
20	20 -- 21			119002690	1,01E+10	1,71E-02	174
21	21 -- 22			132763047	1,17E+10	1,46E-02	131
22	22 -- 23			145593709	1,34E+10	1,22E-02	94
23	23 -- 24			157191446	1,50E+10	9,87E-03	63
24	24 -- 25			167256092	1,67E+10	7,63E-03	39
25	25 -- 26			175489561	1,83E+10	5,49E-03	21
26	26 -- 27			181595174	2,00E+10	3,46E-03	9
27	27 -- 28			185030318	2,15E+10	1,69E-03	2
28	28 -- 29			186314953	2,30E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,31E-02	991
2	2 -- 3		18336	18336	8,98E+04	3,31E-02	972
3	3 -- 4			18336	4,26E+07	3,28E-02	897
4	4 -- 5			18336	6,94E+07	3,26E-02	850
5	5 -- 6			18336	9,63E+07	3,23E-02	804
6	6 -- 7		138528	156864	1,42E+08	3,17E-02	730
7	7 -- 8			156864	2,29E+08	3,16E-02	713
8	8 -- 9			156864	4,55E+08	3,10E-02	668
9	9 -- 10			156864	6,82E+08	3,02E-02	625
10	10 -- 11			156864	1,13E+09	2,83E-02	541
11	11 -- 12		137792	294656	1,49E+09	2,68E-02	479
12	12 -- 13			294656	1,67E+09	2,64E-02	463
13	13 -- 14			294656	2,52E+09	2,42E-02	391
14	14 -- 15			294656	3,37E+09	2,19E-02	325
15	15 -- 16		136924	431580	4,03E+09	2,02E-02	278
16	16 -- 17			431580	4,31E+09	1,97E-02	265
17	17 -- 18			431580	5,34E+09	1,78E-02	221
18	18 -- 19			431580	6,54E+09	1,56E-02	175
19	19 -- 20		36210	467790	7,30E+09	1,41E-02	149
20	20 -- 21			467790	7,77E+09	1,33E-02	135
21	21 -- 22			467790	9,07E+09	1,14E-02	101
22	22 -- 23			467790	1,04E+10	9,48E-03	73
23	23 -- 24			467790	1,17E+10	7,67E-03	49
24	24 -- 25			467790	1,30E+10	5,94E-03	30
25	25 -- 26			467790	1,42E+10	4,27E-03	16
26	26 -- 27			467790	1,55E+10	2,69E-03	7
27	27 -- 28			467790	1,67E+10	1,31E-03	2
28				467790	1,79E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,15E-02	1483
2	2 -- 3		46408	46408	1,40E+05	5,15E-02	1454
3	3 -- 4			46408	1,07E+08	5,09E-02	1337
4	4 -- 5			46408	1,74E+08	5,03E-02	1265
5	5 -- 6			46408	2,41E+08	4,95E-02	1194
6	6 -- 7		189504	235912	3,54E+08	4,82E-02	1081
7	7 -- 8			235912	4,85E+08	4,78E-02	1055
8	8 -- 9			235912	8,25E+08	4,67E-02	988
9	9 -- 10			235912	1,17E+09	4,54E-02	922
10	10 -- 11			235912	1,85E+09	4,22E-02	797
11	11 -- 12		187058	422970	2,39E+09	3,98E-02	705
12	12 -- 13			422970	2,64E+09	3,91E-02	681
13	13 -- 14			422970	3,86E+09	3,58E-02	574
14	14 -- 15			422970	5,08E+09	3,22E-02	477
15	15 -- 16		184174	607144	6,03E+09	2,97E-02	409
16	16 -- 17			607144	6,43E+09	2,89E-02	390
17	17 -- 18			607144	7,87E+09	2,62E-02	325
18	18 -- 19			607144	9,56E+09	2,29E-02	257
19	19 -- 20		87608	694752	1,06E+10	2,06E-02	219
20	20 -- 21			694752	1,13E+10	1,95E-02	199
21	21 -- 22			694752	1,33E+10	1,67E-02	149
22	22 -- 23			694752	1,52E+10	1,39E-02	107
23	23 -- 24			694752	1,71E+10	1,13E-02	72
24	24 -- 25			694752	1,90E+10	8,73E-03	45
25	25 -- 26			694752	2,09E+10	6,29E-03	24
26	26 -- 27			694752	2,29E+10	3,96E-03	10
27	27 -- 28			694752	2,46E+10	1,94E-03	2
28				694752	2,63E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,20E-02	955
2	2 -- 3		19244	19244	8,70E+04	3,20E-02	937
3	3 -- 4			19244	4,47E+07	3,18E-02	864
4	4 -- 5			19244	7,27E+07	3,15E-02	819
5	5 -- 6			19244	1,01E+08	3,12E-02	774
6	6 -- 7		131850	151094	1,49E+08	3,06E-02	703
7	7 -- 8			151094	2,33E+08	3,05E-02	686
8	8 -- 9			151094	4,50E+08	2,99E-02	643
9	9 -- 10			151094	6,68E+08	2,91E-02	601
10	10 -- 11			151094	1,10E+09	2,73E-02	520
11	11 -- 12		131180	282274	1,45E+09	2,58E-02	461
12	12 -- 13			282274	1,62E+09	2,54E-02	445
13	13 -- 14			282274	2,44E+09	2,33E-02	376
14	14 -- 15			282274	3,25E+09	2,10E-02	312
15	15 -- 16		130384	412658	3,88E+09	1,94E-02	268
16	16 -- 17			412658	4,15E+09	1,89E-02	255
17	17 -- 18			412658	5,13E+09	1,72E-02	213
18	18 -- 19			412658	6,28E+09	1,50E-02	168
19	19 -- 20		38428	451086	7,01E+09	1,35E-02	143
20	20 -- 21			451086	7,46E+09	1,28E-02	130
21	21 -- 22			451086	8,71E+09	1,09E-02	98
22	22 -- 23			451086	9,96E+09	9,12E-03	70
23	23 -- 24			451086	1,12E+10	7,38E-03	47
24	24 -- 25			451086	1,25E+10	5,71E-03	29
25	25 -- 26			451086	1,37E+10	4,11E-03	16
26	26 -- 27			451086	1,50E+10	2,59E-03	6
27	27 -- 28			451086	1,61E+10	1,26E-03	2
28				451086	1,72E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,06E-04	1
2	2 -- 3				2,47E+06	1,06E-04	1
3	3 -- 4				2,47E+06	7,89E-05	1
4	4 -- 5				2,47E+06	6,70E-05	1
5	5 -- 6				2,47E+06	5,78E-05	1
6	6 -- 7				2,47E+06	4,67E-05	1
7	7 -- 8				2,47E+06	4,45E-05	1
8	8 -- 9				2,47E+06	4,04E-05	1
9	9 -- 10				2,47E+06	3,71E-05	1
10	10 -- 11				2,47E+06	3,19E-05	1
11	11 -- 12				2,47E+06	2,91E-05	1
12	12 -- 13				2,47E+06	2,84E-05	1
13	13 -- 14				2,47E+06	2,59E-05	0
14	14 -- 15				2,47E+06	2,39E-05	0
15	15 -- 16				2,47E+06	2,28E-05	0
16	16 -- 17				2,47E+06	2,25E-05	0
17	17 -- 18				2,47E+06	2,15E-05	0
18	18 -- 19				2,47E+06	2,06E-05	0
19	19 -- 20				1,64E+07	2,00E-05	0
20	20 -- 21				1,64E+07	1,83E-05	0
21	21 -- 22				1,64E+07	1,46E-05	0
22	22 -- 23				1,64E+07	1,14E-05	0
23	23 -- 24				1,64E+07	8,70E-06	0
24	24 -- 25				1,64E+07	6,39E-06	0
25	25 -- 26				1,64E+07	4,39E-06	0
26	26 -- 27				1,64E+07	2,64E-06	0
27	27 -- 28				1,64E+07	1,24E-06	0
28					1,64E+07	0,00E+00	0

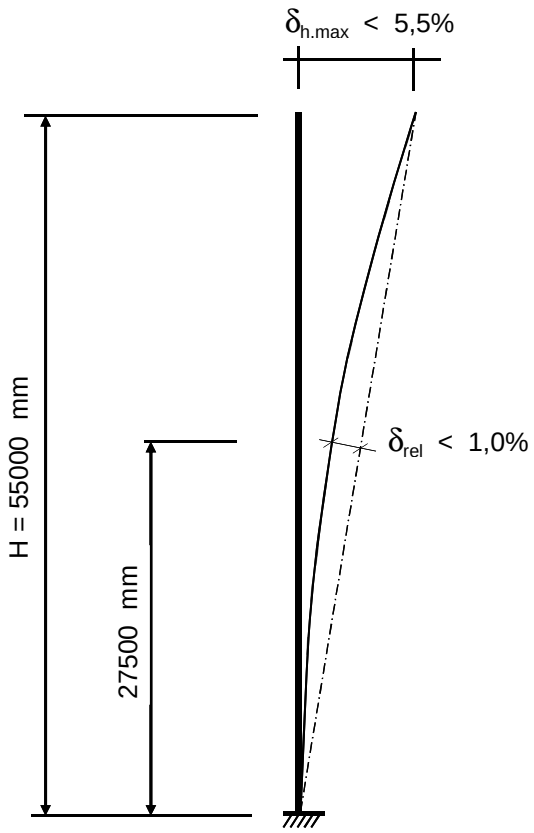
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,2E-02	1509
2	2 -- 3	5,2E-02	1479
3	3 -- 4	5,2E-02	1360
4	4 -- 5	5,1E-02	1286
5	5 -- 6	5,0E-02	1214
6	6 -- 7	4,9E-02	1100
7	7 -- 8	4,9E-02	1073
8	8 -- 9	4,7E-02	1005
9	9 -- 10	4,6E-02	938
10	10 -- 11	4,3E-02	811
11	11 -- 12	4,0E-02	717
12	12 -- 13	4,0E-02	693
13	13 -- 14	3,6E-02	584
14	14 -- 15	3,3E-02	485
15	15 -- 16	3,0E-02	416
16	16 -- 17	2,9E-02	397
17	17 -- 18	2,7E-02	331
18	18 -- 19	2,3E-02	262
19	19 -- 20	2,1E-02	223
20	20 -- 21	2,0E-02	203
21	21 -- 22	1,7E-02	152
22	22 -- 23	1,4E-02	109
23	23 -- 24	1,1E-02	74
24	24 -- 25	8,9E-03	46
25	25 -- 26	6,4E-03	24
26	26 -- 27	4,0E-03	10
27	27 -- 28	2,0E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1509 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,74 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 331 mm
α = 1,57 graden

δ_{rel} = 410 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,74 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	585	360	0	0,00E+00	3,89E-03	117
2	2 -- 3	2502	5791	585	1,67E+05	3,89E-03	115
3	3 -- 4	1692	11768	3087	4,35E+06	3,87E-03	106
4	4 -- 5	1788	15949	4779	9,96E+06	3,84E-03	101
5	5 -- 6	3083	20472	6566	1,80E+07	3,79E-03	95
6	6 -- 7	772	59862	9649	3,67E+07	3,67E-03	87
7	7 -- 8	2063	61913	10421	4,22E+07	3,63E-03	85
8	8 -- 9	2150	68500	12484	5,85E+07	3,55E-03	79
9	9 -- 10	4552	75498	14634	7,79E+07	3,46E-03	74
10	10 -- 11	3819	90728	19187	1,26E+08	3,24E-03	65
11	11 -- 12	1050	137149	23006	1,74E+08	3,07E-03	58
12	12 -- 13	5164	141229	24056	1,88E+08	3,03E-03	56
13	13 -- 14	5433	161713	29221	2,64E+08	2,79E-03	48
14	14 -- 15	4359	184025	34654	3,55E+08	2,55E-03	40
15	15 -- 16	1313	236699	39012	4,36E+08	2,37E-03	35
16	16 -- 17	4833	242911	40325	4,61E+08	2,31E-03	33
17	17 -- 18	5804	276703	45157	5,62E+08	2,12E-03	28
18	18 -- 19	3656	305742	50962	6,94E+08	1,88E-03	22
19	19 -- 20	2166	332676	54618	7,86E+08	1,72E-03	19
20	20 -- 21	6001	344132	56784	8,42E+08	1,63E-03	17
21	21 -- 22	6017	381255	62784	1,01E+09	1,42E-03	13
22	22 -- 23	5959	420503	68801	1,19E+09	1,21E-03	10
23	23 -- 24	5803	461878	74760	1,38E+09	9,98E-04	7
24	24 -- 25	5507	505379	80563	1,60E+09	7,87E-04	4
25	25 -- 26	4990	551006	86070	1,83E+09	5,78E-04	2
26	26 -- 27	3850	598759	91060	2,07E+09	3,71E-04	1
27	27 -- 28	3988	644016	94909	2,30E+09	1,84E-04	0
28			728531	98897	2,55E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,68E-02	1676
2	2 -- 3		38170	38170	0,00E+00	5,68E-02	1643
3	3 -- 4			38170	8,70E+07	5,64E-02	1514
4	4 -- 5			38170	1,41E+08	5,58E-02	1434
5	5 -- 6			38170	1,96E+08	5,52E-02	1355
6	6 -- 7		236908	275078	2,84E+08	5,41E-02	1229
7	7 -- 8			275078	4,35E+08	5,38E-02	1200
8	8 -- 9			275078	8,27E+08	5,27E-02	1124
9	9 -- 10			275078	1,22E+09	5,13E-02	1050
10	10 -- 11			275078	2,00E+09	4,79E-02	908
11	11 -- 12		226806	501884	2,62E+09	4,53E-02	803
12	12 -- 13			501884	2,92E+09	4,46E-02	776
13	13 -- 14			501884	4,35E+09	4,08E-02	654
14	14 -- 15			501884	5,78E+09	3,68E-02	543
15	15 -- 16		214530	716414	6,89E+09	3,39E-02	465
16	16 -- 17			716414	7,35E+09	3,30E-02	443
17	17 -- 18			716414	9,04E+09	2,99E-02	369
18	18 -- 19			716414	1,10E+10	2,61E-02	292
19	19 -- 20		61738	778152	1,23E+10	2,35E-02	249
20	20 -- 21			778152	1,30E+10	2,22E-02	226
21	21 -- 22			778152	1,52E+10	1,89E-02	169
22	22 -- 23			778152	1,73E+10	1,58E-02	121
23	23 -- 24			778152	1,95E+10	1,28E-02	82
24	24 -- 25			778152	2,16E+10	9,89E-03	51
25	25 -- 26			778152	2,37E+10	7,12E-03	27
26	26 -- 27			778152	2,59E+10	4,48E-03	11
27	27 -- 28			778152	2,78E+10	2,19E-03	3
28				778152	2,98E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,78E-02	1132
2	2 -- 3		21578	21578	0,00E+00	3,78E-02	1111
3	3 -- 4			21578	4,92E+07	3,75E-02	1025
4	4 -- 5			21578	7,99E+07	3,72E-02	972
5	5 -- 6			21578	1,11E+08	3,69E-02	919
6	6 -- 7		159920	181498	1,60E+08	3,62E-02	835
7	7 -- 8			181498	2,60E+08	3,61E-02	815
8	8 -- 9			181498	5,19E+08	3,54E-02	764
9	9 -- 10			181498	7,77E+08	3,45E-02	714
10	10 -- 11			181498	1,29E+09	3,23E-02	618
11	11 -- 12		158738	340236	1,70E+09	3,07E-02	547
12	12 -- 13			340236	1,91E+09	3,02E-02	529
13	13 -- 14			340236	2,88E+09	2,77E-02	446
14	14 -- 15			340236	3,85E+09	2,50E-02	371
15	15 -- 16		157344	497580	4,60E+09	2,31E-02	318
16	16 -- 17			497580	4,92E+09	2,25E-02	303
17	17 -- 18			497580	6,09E+09	2,04E-02	253
18	18 -- 19			497580	7,46E+09	1,79E-02	200
19	19 -- 20		42050	539630	8,33E+09	1,61E-02	170
20	20 -- 21			539630	8,87E+09	1,52E-02	155
21	21 -- 22			539630	1,04E+10	1,30E-02	116
22	22 -- 23			539630	1,18E+10	1,08E-02	83
23	23 -- 24			539630	1,33E+10	8,77E-03	56
24	24 -- 25			539630	1,48E+10	6,79E-03	35
25	25 -- 26			539630	1,63E+10	4,89E-03	19
26	26 -- 27			539630	1,78E+10	3,08E-03	8
27	27 -- 28			539630	1,91E+10	1,50E-03	2
28				539630	2,05E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,45E-02	1852
2	2 -- 3		60812	60812	0,00E+00	6,45E-02	1815
3	3 -- 4			60812	1,39E+08	6,38E-02	1668
4	4 -- 5			60812	2,25E+08	6,29E-02	1578
5	5 -- 6			60812	3,12E+08	6,19E-02	1489
6	6 -- 7		237350	298162	4,52E+08	6,02E-02	1349
7	7 -- 8			298162	6,16E+08	5,97E-02	1316
8	8 -- 9			298162	1,04E+09	5,83E-02	1232
9	9 -- 10			298162	1,47E+09	5,66E-02	1150
10	10 -- 11			298162	2,32E+09	5,26E-02	994
11	11 -- 12		233646	531808	2,99E+09	4,96E-02	878
12	12 -- 13			531808	3,31E+09	4,88E-02	849
13	13 -- 14			531808	4,82E+09	4,46E-02	715
14	14 -- 15			531808	6,34E+09	4,01E-02	594
15	15 -- 16		229270	761078	7,51E+09	3,70E-02	510
16	16 -- 17			761078	8,00E+09	3,60E-02	486
17	17 -- 18			761078	9,79E+09	3,26E-02	405
18	18 -- 19			761078	1,19E+10	2,85E-02	321
19	19 -- 20		113804	874882	1,32E+10	2,57E-02	273
20	20 -- 21			874882	1,41E+10	2,43E-02	248
21	21 -- 22			874882	1,65E+10	2,08E-02	186
22	22 -- 23			874882	1,89E+10	1,74E-02	134
23	23 -- 24			874882	2,13E+10	1,41E-02	90
24	24 -- 25			874882	2,37E+10	1,09E-02	56
25	25 -- 26			874882	2,61E+10	7,85E-03	30
26	26 -- 27			874882	2,85E+10	4,94E-03	12
27	27 -- 28			874882	3,07E+10	2,42E-03	3
28				874882	3,29E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,80E-02	1133
2	2 -- 3		23602	23602	0,00E+00	3,80E-02	1111
3	3 -- 4			23602	5,38E+07	3,77E-02	1025
4	4 -- 5			23602	8,74E+07	3,74E-02	971
5	5 -- 6			23602	1,21E+08	3,70E-02	918
6	6 -- 7		157856	181458	1,75E+08	3,63E-02	834
7	7 -- 8			181458	2,75E+08	3,61E-02	814
8	8 -- 9			181458	5,34E+08	3,55E-02	763
9	9 -- 10			181458	7,92E+08	3,46E-02	713
10	10 -- 11			181458	1,31E+09	3,23E-02	618
11	11 -- 12		156802	338260	1,72E+09	3,06E-02	547
12	12 -- 13			338260	1,92E+09	3,02E-02	528
13	13 -- 14			338260	2,88E+09	2,77E-02	446
14	14 -- 15			338260	3,85E+09	2,50E-02	371
15	15 -- 16		155554	493814	4,59E+09	2,30E-02	318
16	16 -- 17			493814	4,91E+09	2,25E-02	303
17	17 -- 18			493814	6,07E+09	2,03E-02	253
18	18 -- 19			493814	7,43E+09	1,78E-02	200
19	19 -- 20		46678	540492	8,30E+09	1,61E-02	170
20	20 -- 21			540492	8,84E+09	1,52E-02	155
21	21 -- 22			540492	1,03E+10	1,30E-02	116
22	22 -- 23			540492	1,18E+10	1,08E-02	83
23	23 -- 24			540492	1,33E+10	8,77E-03	56
24	24 -- 25			540492	1,48E+10	6,78E-03	35
25	25 -- 26			540492	1,63E+10	4,89E-03	19
26	26 -- 27			540492	1,78E+10	3,08E-03	8
27	27 -- 28			540492	1,91E+10	1,50E-03	2
28				540492	2,05E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,28E-04	2
2	2 -- 3				2,96E+06	1,28E-04	2
3	3 -- 4				2,96E+06	9,47E-05	1
4	4 -- 5				2,96E+06	8,04E-05	1
5	5 -- 6				2,96E+06	6,93E-05	1
6	6 -- 7				2,96E+06	5,60E-05	1
7	7 -- 8				2,96E+06	5,34E-05	1
8	8 -- 9				2,96E+06	4,85E-05	1
9	9 -- 10				2,96E+06	4,45E-05	1
10	10 -- 11				2,96E+06	3,82E-05	1
11	11 -- 12				2,96E+06	3,49E-05	1
12	12 -- 13				2,96E+06	3,41E-05	1
13	13 -- 14				2,96E+06	3,10E-05	1
14	14 -- 15				2,96E+06	2,87E-05	0
15	15 -- 16				2,96E+06	2,73E-05	0
16	16 -- 17				2,96E+06	2,70E-05	0
17	17 -- 18				2,96E+06	2,58E-05	0
18	18 -- 19				2,96E+06	2,47E-05	0
19	19 -- 20				1,97E+07	2,40E-05	0
20	20 -- 21				1,97E+07	2,20E-05	0
21	21 -- 22				1,97E+07	1,75E-05	0
22	22 -- 23				1,97E+07	1,37E-05	0
23	23 -- 24				1,97E+07	1,04E-05	0
24	24 -- 25				1,97E+07	7,67E-06	0
25	25 -- 26				1,97E+07	5,26E-06	0
26	26 -- 27				1,97E+07	3,17E-06	0
27	27 -- 28				1,97E+07	1,49E-06	0
28					1,97E+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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	18,07	60,99	12,35
3	3 -- 4	24,04	61,74	152,26
4	4 -- 5	28,22	62,25	240,60
5	5 -- 6	32,75	62,78	329,68
6	6 -- 7	93,70	301,06	475,14
7	7 -- 8	95,75	301,29	640,79
8	8 -- 9	102,34	301,91	1070,56
9	9 -- 10	109,34	302,55	1501,24
10	10 -- 11	124,57	303,92	2365,46
11	11 -- 12	192,56	538,71	3050,56
12	12 -- 13	196,64	539,02	3373,89
13	13 -- 14	217,12	540,57	4912,31
14	14 -- 15	239,43	542,20	6455,27
15	15 -- 16	313,67	772,78	7649,56
16	16 -- 17	319,89	773,18	8152,00
17	17 -- 18	353,68	774,63	9970,66
18	18 -- 19	382,72	776,37	12103,28
19	19 -- 20	434,24	891,27	13530,41
20	20 -- 21	445,70	891,92	14422,00
21	21 -- 22	482,82	893,72	16877,25
22	22 -- 23	522,07	895,52	19337,45
23	23 -- 24	563,44	897,31	21802,60
24	24 -- 25	606,94	899,05	24272,59
25	25 -- 26	652,57	900,70	26747,26
26	26 -- 27	700,32	902,20	29226,25
27	27 -- 28	745,58	903,35	31483,19
28		830,09	904,55	33743,07

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 825	12,35	18,07	30	12,9	1043,6	0,01
2	500 / 825	152,26	24,04	119	155,7	1436,8	0,11
3	500 / 825	240,60	28,22	73	246,1	1714,4	0,15
4	500 / 825	329,68	32,75	72	337,5	2016,5	0,17
5	500 / 825	475,14	93,70	114	493,7	2555,9	0,20
6	500 / 825	640,79	95,75	27	661,9	2694,3	0,25
7	825 / 1042	1070,56	102,34	68	1098,7	3646,3	0,31
8	825 / 1042	1501,24	109,34	67	1536,7	4124,1	0,38
9	825 / 1042	2365,46	124,57	127	2416,7	5168,1	0,47
10	1042 / 1366	3050,56	192,56	94	3119,9	6714,4	0,47
11	1042 / 1366	3373,89	196,64	24	3447,9	6996,3	0,50
12	1042 / 1366	4912,31	217,12	109	5010,0	8414,2	0,60
13	1042 / 1366	6455,27	239,43	99	6576,6	9963,0	0,67
14	1366/ 1773	7649,56	313,67	69	7792,6	12321,4	0,64
15	1366/ 1773	8152,00	319,89	19	8301,2	12754,5	0,66
16	1366/ 1773	9970,66	353,68	66	10143,2	14382,9	0,71
17	1366/ 1773	12103,28	382,72	69	12302,1	16412,6	0,76
18	1366/ 1773	13530,41	434,24	39	13746,1	17774,0	0,78
19	1366/ 1773	14422,00	445,70	20	14646,8	18576,3	0,80
20	1773/ 2590	16877,25	482,82	51	17126,6	23606,5	0,73
21	1773/ 2590	19337,45	522,07	43	19609,2	26363,2	0,75
22	1773/ 2590	21802,60	563,44	35	22094,3	29272,1	0,76
23	1773/ 2590	24272,59	606,94	28	24581,3	32333,2	0,77
24	1773/ 2590	26747,26	652,57	21	27069,8	35546,6	0,77
25	1773/ 2590	29226,25	700,32	14	29558,8	38912,2	0,77
26	1773/ 2590	31483,19	745,58	8	31821,4	42104,0	0,77
27	1773/ 2590	33743,07	830,09	2	34083,4	45421,5	0,76

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
522	15,0	34,78	0,81	355	355
608	15,0	40,55	0,81	355	355
662	15,0	44,16	0,81	355	355
717	15,0	47,77	0,81	355	355
804	15,0	53,60	0,81	355	355
825	15,0	54,99	0,81	355	355
879	18,0	48,84	0,81	355	355
933	18,0	51,84	0,81	355	355
1042	18,0	57,86	0,81	355	355
1127	20,0	56,35	0,81	355	355
1150	20,0	57,49	0,81	355	355
1258	20,0	62,91	0,81	342	355
1366	20,0	68,32	0,81	323	355
1450	22,0	65,91	0,81	331	355
1475	22,0	67,03	0,81	327	355
1564	22,0	71,09	0,81	315	355
1669	22,0	75,84	0,81	302	355
1735	22,0	78,86	0,81	294	355
1773	22,0	80,59	0,81	290	355
1878	25,0	75,10	0,81	304	355
1982	25,0	79,28	0,81	293	355
2087	25,0	83,46	0,81	284	355
2191	25,0	87,64	0,81	275	355
2296	25,0	91,82	0,81	268	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	355
2495	25,0	99,80	0,81	255	355
2590	25,0	103,60	0,81	249	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 825	4,58	0,77	355	355	0,02
2	500 / 825	44,84	0,93	355	355	0,13
3	500 / 825	55,55	0,97	355	355	0,16
4	500 / 825	64,34	1,03	355	355	0,18
5	500 / 825	76,93	2,67	355	355	0,22
6	500 / 825	89,53	2,54	355	355	0,26
7	825 / 1042	114,10	2,17	355	355	0,33
8	825 / 1042	140,54	2,18	355	355	0,40
9	825 / 1042	185,24	2,27	355	355	0,53
10	1042 / 1366	178,59	2,88	355	355	0,51
11	1042 / 1366	178,57	2,80	355	355	0,51
12	1042 / 1366	231,31	2,92	355	342	0,66
13	1042 / 1366	254,54	2,95	355	323	0,73
14	1366/ 1773	238,37	3,27	355	331	0,68
15	1366/ 1773	235,06	3,21	355	327	0,67
16	1366/ 1773	265,62	3,42	355	315	0,76
17	1366/ 1773	283,94	3,47	355	302	0,81
18	1366/ 1773	304,35	3,86	355	294	0,87
19	1366/ 1773	286,12	3,72	355	290	0,82
20	1773/ 2590	272,82	3,41	355	304	0,78
21	1773/ 2590	278,83	3,49	355	293	0,80
22	1773/ 2590	282,15	3,57	355	284	0,81
23	1773/ 2590	283,47	3,66	355	275	0,81
24	1773/ 2590	283,30	3,75	355	268	0,81
25	1773/ 2590	282,00	3,84	355	261	0,81
26	1773/ 2590	278,98	3,92	355	255	0,80
27	1773/ 2590	276,58	4,20	355	249	0,80

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

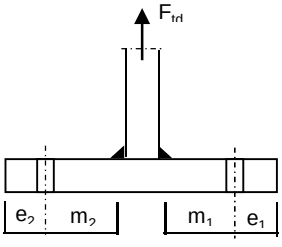
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

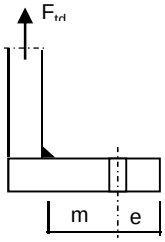
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

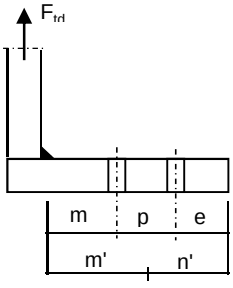
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	588,53	10,28	28	M 48 - 8,8	848,4	0,69
flenzen op 27,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	798,83	21,52	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2910,00	2220,00	153,2	105,0	105,0			158,5
2910,00	2220,00	153,2	100,0	100,0			207,8
flenzen op 27,0 m hoogte.							
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
90	1,08E+08	2807,29	1522,89	1696,90	1522,89	1177,06	0,77
90	1,41E+08	3679,83	1783,43	1696,90	1696,90	1177,06	0,69
flenzen op 27,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	798,83	0,80
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	798,83	0,80
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2590	0,95	1,545	0,18	8,13

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	543	1,000		1,000			
2	533	0,982	1 -- 2	0,991	113	369	846,5
3	494	0,910	2 -- 3	0,946	498		218,4
4	470	0,866	3 -- 4	0,888	348		244,5
5	446	0,821	4 -- 5	0,844	377		264,5
6	408	0,751	5 -- 6	0,786	669	2613	1427,0
7	399	0,735	6 -- 7	0,743	171		310,7
8	376	0,692	7 -- 8	0,713	549		385,2
9	353	0,651	8 -- 9	0,671	583		409,2
10	310	0,570	9 -- 10	0,610	1269		445,3
11	277	0,510	10 -- 11	0,540	1215	2653	1719,2
12	268	0,494	11 -- 12	0,502	340		566,6
13	230	0,423	12 -- 13	0,459	1707		599,0
14	194	0,357	13 -- 14	0,390	1859		652,4
15	168	0,310	14 -- 15	0,333	1688	2702	1995,1
16	161	0,297	15 -- 16	0,303	518		796,5
17	136	0,251	16 -- 17	0,274	1944	872	1198,3
18	110	0,202	17 -- 18	0,226	2420		880,0
19	94	0,174	18 -- 19	0,188	1572	673	1282,6
20	86	0,159	19 -- 20	0,166	955		954,7
21	66	0,121	20 -- 21	0,140	3094		1124,9
22	48	0,088	21 -- 22	0,105	3271		1189,3
23	33	0,061	22 -- 23	0,074	3448		1253,8
24	21	0,038	23 -- 24	0,049	3625		1318,2
25	11	0,021	24 -- 25	0,029	3802		1382,6
26	5	0,009	25 -- 26	0,015	3979		1447,1
27	1	0,002	26 -- 27	0,005	3771		1508,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3918	3125	2817,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	846	0,991	0,570	0,56	473,86	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,85	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,70	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,24	1,20
5 -- 6	1427	0,786	2,300	1,42	2029,37	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,32	0,41
7 -- 8	385	0,713	1,425	0,73	279,37	1,02
8 -- 9	409	0,671	1,425	0,64	262,86	0,96
9 -- 10	445	0,610	2,850	1,06	472,83	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,22	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,71	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,16	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	282,91	1,11
14 -- 15	1995	0,333	2,200	0,24	488,16	0,73
15 -- 16	796	0,303	0,650	0,06	47,60	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	210,84	0,64
17 -- 18	880	0,226	2,750	0,14	123,88	0,62
18 -- 19	1283	0,188	1,750	0,06	79,14	0,33
19 -- 20	955	0,166	1,000	0,03	26,38	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	60,50	0,38
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	35,77	0,29
22 -- 23	1254	0,074	2,750	0,02	19,09	0,20
23 -- 24	1318	0,049	2,750	0,01	8,83	0,14
24 -- 25	1383	0,029	2,750	0,00	3,30	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,86	0,04
26 -- 27	1509	0,005	2,500	0,00	0,11	0,01
27 -- 28	2817	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,55	7561,89	18,90

m_e = 7561,9 / 11,6 = 654,5 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2590	654,5	0,030	1,25	1,545	13,2

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 18,90 / (4 * π * 11,55) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,545 * 8,13 / $15*10^{-6}$ = 8,4E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

K_w = 7,92 / 18,90 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,076 * 0,130 * 0,42 * 0,2 = 0,026

$y_{F;max}$ = 1,545 * 0,026 = 0,040 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		182143	182143	0,00E+00	5,5E-02	1000
2	2 -- 3			182143	1,04E+08	5,5E-02	969
3	3 -- 4			182143	5,19E+08	5,1E-02	847
4	4 -- 5			182143	7,79E+08	4,8E-02	776
5	5 -- 6			182143	1,04E+09	4,5E-02	709
6	6 -- 7			182143	1,46E+09	3,9E-02	612
7	7 -- 8			182143	1,56E+09	3,8E-02	591
8	8 -- 9			182143	1,82E+09	3,5E-02	539
9	9 -- 10			182143	2,08E+09	3,2E-02	491
10	10 -- 11			182143	2,60E+09	2,8E-02	405
11	11 -- 12			182143	3,01E+09	2,4E-02	346
12	12 -- 13			182143	3,11E+09	2,4E-02	332
13	13 -- 14			182143	3,63E+09	2,0E-02	270
14	14 -- 15			182143	4,15E+09	1,7E-02	217
15	15 -- 16			182143	4,55E+09	1,5E-02	182
16	16 -- 17			182143	4,67E+09	1,4E-02	172
17	17 -- 18			182143	5,10E+09	1,3E-02	141
18	18 -- 19			182143	5,60E+09	1,1E-02	109
19	19 -- 20			182143	5,92E+09	9,2E-03	92
20	20 -- 21			182143	6,10E+09	8,6E-03	83
21	21 -- 22			182143	6,60E+09	7,1E-03	61
22	22 -- 23			182143	7,10E+09	5,8E-03	43
23	23 -- 24			182143	7,60E+09	4,6E-03	29
24	24 -- 25			182143	8,11E+09	3,5E-03	18
25	25 -- 26			182143	8,61E+09	2,5E-03	9
26	26 -- 27			182143	9,11E+09	1,5E-03	4
27	27 -- 28			182143	9,56E+09	7,4E-04	1
28	28 -- 29			182143	1,00E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	15,0	2939842	35	0,0395	2,8
2	608	15,0	4047286	128	0,0395	10,1
3	662	15,0	4829251	161	0,0395	12,7
4	717	15,0	5680304	183	0,0395	14,5
5	804	15,0	7199677	202	0,0395	16,0
6	825	15,0	7589672	205	0,0395	16,2
7	879	18,0	10271259	177	0,0395	14,0
8	933	18,0	11617259	179	0,0395	14,1
9	1042	18,0	14557975	178	0,0395	14,1
10	1127	20,0	18913877	159	0,0395	12,6
11	1150	20,0	19707810	158	0,0395	12,5
12	1258	20,0	23702011	153	0,0395	12,1
13	1366	20,0	28064684	148	0,0395	11,7
14	1450	22,0	34708213	131	0,0395	10,4
15	1475	22,0	35928268	130	0,0395	10,3
16	1564	22,0	40515138	126	0,0395	10,0
17	1669	22,0	46232682	121	0,0395	9,6
18	1735	22,0	50067603	118	0,0395	9,3
19	1773	22,0	52327600	117	0,0395	9,2
20	1878	25,0	66497249	99	0,0395	7,9
21	1982	25,0	74262503	96	0,0395	7,6
22	2087	25,0	82456593	92	0,0395	7,3
23	2191	25,0	91079518	89	0,0395	7,0
24	2296	25,0	100131278	86	0,0395	6,8
25	2400	25,0	109611876	83	0,0395	6,6
26	2495	25,0	118602731	81	0,0395	6,4
27	2590	25,0	127947996	78	0,0395	6,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,95 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 8,13 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

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

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

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

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

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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,95 * [8,13 / 6,25]^2 * \exp[-(8,13 / 6,25)^2]$ = 2,83E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

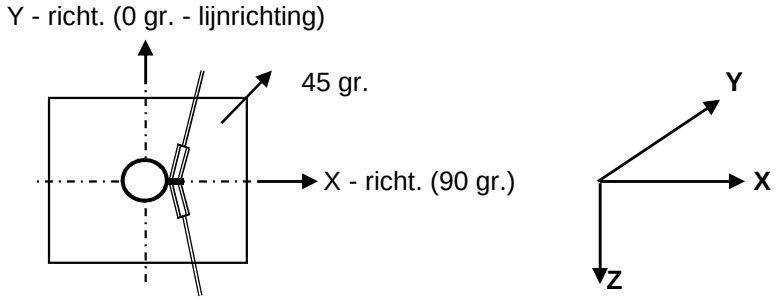
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	12,17	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
5	Lasnaad	17,34	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
7	Lasnaad	19,47	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
9	Lasnaad	16,96	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
10	Lasnaad	16,91	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
12	Lasnaad	14,99	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
13	Lasnaad	14,55	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
14	Lasnaad	14,04	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
16	Lasnaad	12,34	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
17	flenzen	11,94	35	19,25	1,000E+10	2,83E+08	0,03
18	Lasnaad	11,49	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
20	Lasnaad	11,06	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
21	Lasnaad	9,42	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
22	Lasnaad	9,08	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
23	Lasnaad	8,75	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
24	Lasnaad	8,44	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
25	Lasnaad	8,15	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
26	Lasnaad	7,88	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
27	Lasnaad	7,65	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
28	voetplaat	7,43	35	19,25	1,000E+10	2,83E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			627			
2 - Windbelasting mast	105				2715	
3 - Belasting geval 1a	778		101		29789	
4 - Belasting geval 1b	540		101		20488	
5 - Belasting geval 3	875		203		32979	
6 - Belasting geval 4	540		124		20485	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	884		729		32504	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	559		728		20997	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	905		**830**		**33743**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	560		751		20994	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	27844	kNm	33743	kNm	33743	kNm
Dwarskracht	761	kN	905	kN	905	kN
Verticale kracht	607	kN	830	kN	546	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	588,53	10,28	28	M 48 - 8,8	848,45	0,69
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	486,53	8,64	28	M 48 - 8,8	848,45	0,57

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 588,5 kN

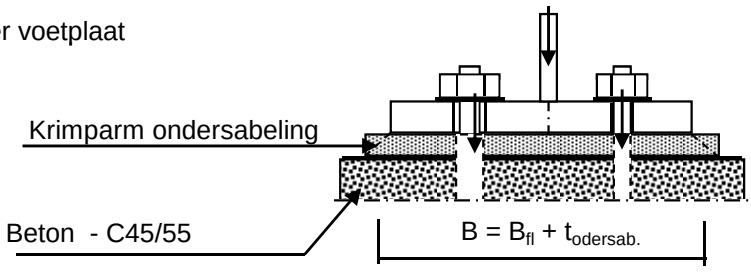
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 486,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 607,4 + 1,00 * 486,5 = 1093,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

B_{fl} = 550,0 mm D = 2565 mm

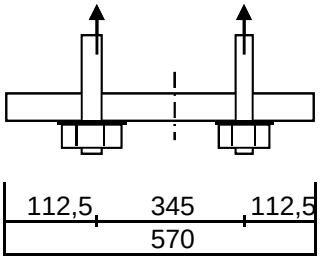
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

B = 590,0 mm

A_{voetpl} = 590 * 2*π*D / n = 108053 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

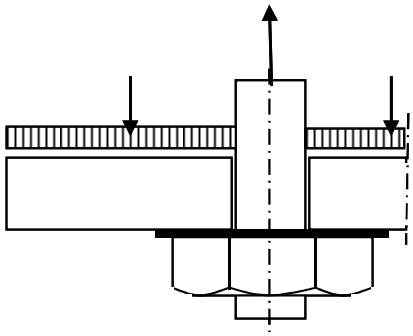


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 570 * $2*\pi*D / n$ = 104390 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 112,5 mm
L_{veld} = 345 mm

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

$M_{Ed;st}$ = 71353 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1945 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 96406 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 96406 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1945 N/mm'

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

M_{Ed} / M_{Rd} = 96406 / 108718,8 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 314,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1945 / 7174 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (315,0^2 + 3*56,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 329 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage H, H1 en H2

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	69099	136417	14908	69099	-136417
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	68440	135838	14907	68440	-135838
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67663	135195	14907	67663	-135195
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9550	18404	1947	9550	-18404
	Comp. gl	4038	18593	36940	4038	18593	-36940
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74601	157630	14900	74601	-157630
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74522	157628	14900	74522	-157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74427	157629	14900	74427	-157629
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9699	20385	1946	9699	-20385
	Comp. gl	4036	19711	41685	4036	19711	-41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	102011	212189	25691	102011	-212189
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101777	212153	25691	101777	-212153
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101495	212121	25691	101495	-212121
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25470	52487	8084	25470	-52487
	Comp. gl	16332	50723	105767	16332	50723	-105767
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	74035	156415	17913	74035	-156415
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73959	156420	17913	73959	-156420
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73868	156429	17913	73868	-156429
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10892	22942	2699	10892	-22942
	Comp. gl	5542	22200	47022	5542	22200	-47022
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
	GW / opgw	2190	8930	19151	2190	8930	-19151
	Comp. gl	4543	18490	39651	4543	18490	-39651
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	66108	134063	14917	123814	-207307
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65748	133837	14916	118362	-199753
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	65321	133591	14915	111722	-190574
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8934	17798	1949	20059	-32742
	Comp. gl	4038	17864	36390	4040	32230	-54613
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74228	157643	14900	80606	-161230

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74180	157649	14900	79949	-160648
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74122	157657	14900	79176	-160000
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9629	20378	1946	10923	-21373
	Comp. gl	4036	19619	41690	4037	21183	-42528
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100910	212097	25695	120693	-226319
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100769	212100	25694	118641	-224227
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100599	212109	25694	116217	-221853
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25127	52487	8086	30988	-55896
	Comp. gl	16332	50266	105824	16334	57618	-108686
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73676	156457	17914	79503	-158859
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73629	156466	17914	78919	-158432
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73572	156478	17914	78228	-157962
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10827	22947	2699	11910	-23487
	Comp. gl	5542	22113	47038	5542	23469	-47430
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	118454	199880	14916	118454	-199880
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	113403	192895	14915	113403	-192895
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	107265	184441	14914	107265	-184441
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	19085	31373	1948	19085	-31373
	Comp. gl	4040	30869	52708	4040	30869	-52708
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79960	160657	14900	79960	-160657
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79369	160158	14900	79369	-160158
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78672	159604	14900	78672	-159604
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10789	21228	1946	10789	-21228
	Comp. gl	4037	21025	42392	4037	21025	-42392
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	118675	224261	25694	118675	-224261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	116823	222436	25694	116823	-222436
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114635	220373	25693	114635	-220373
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30406	55385	8085	30406	-55385
	Comp. gl	16334	56902	108190	16334	56902	-108190
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78928	158439	17914	78928	-158439
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78401	158076	17914	78401	-158076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77777	157679	17914	77777	-157679

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	11801	23398	2699	11801	-23398
	Comp. gl	5542	23339	47353	5542	23339	-47353
1a	380C1F1 / 380C2F1	14917	123814	207307	14907	66108	-134063
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14916	118362	199753	14907	65748	-133837
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14915	111722	190574	14907	65321	-133591
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1949	20059	32742	1947	8934	-17798
	Comp. gl	4040	32230	54613	4038	17864	-36390
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80606	161230	14900	74228	-157643
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79949	160648	14900	74180	-157649
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	79176	160000	14900	74122	-157657
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10923	21373	1946	9629	-20378
	Comp. gl	4037	21183	42528	4036	19619	-41690
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	120693	226319	25691	100910	-212097
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	118641	224227	25691	100769	-212100
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	116217	221853	25691	100599	-212109
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8086	30988	55896	8083	25127	-52487
	Comp. gl	16334	57618	108686	16332	50266	-105824
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79503	158859	17913	73676	-156457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78919	158432	17913	73629	-156466
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	78228	157962	17913	73572	-156478
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11910	23487	2699	10827	-22947
	Comp. gl	5542	23469	47430	5542	22113	-47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	11179	57785	112156	11179	57785	-112156
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56994	111294	11178	56994	-111294
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	56064	110322	11178	56064	-110322
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8116	15328	1460	8116	-15328
	Comp. gl	3028	15404	30103	3028	15404	-30103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61898	130388	11172	61898	-130388
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61812	130372	11172	61812	-130372
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61709	130356	11172	61709	-130356
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7963	16663	1459	7963	-16663
	Comp. gl	3027	16144	34035	3027	16144	-34035

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91718	190117	21959	91718	-190117
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91471	190054	21959	91471	-190054
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	91176	189992	21959	91176	-189992
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24429	50253	7595	24429	-50253
	Comp. gl	15319	48561	101130	15319	48561	-101130
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62365	131388	14184	62365	-131388
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62285	131385	14184	62285	-131385
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62189	131384	14184	62189	-131384
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9383	19707	2211	9383	-19707
	Comp. gl	4531	19087	40346	4531	19087	-40346
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
	GW / opgw	1460	6468	13870	1460	6468	-13870
	Comp. gl	3028	13424	28788	3028	13424	-28788
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	54216	108561	11187	119241	-197506
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53792	108198	11186	113437	-189195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	53292	107797	11185	106307	-178966
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7375	14456	1461	19608	-31776
	Comp. gl	3028	14538	29256	3030	30838	-51628
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61496	130339	11173	68954	-136246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61445	130339	11173	68161	-135370
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61383	130340	11173	67229	-134382
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7886	16640	1459	9428	-18166
	Comp. gl	3027	16045	34025	3027	17869	-35422
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90565	189911	21963	112117	-207932
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90418	189903	21963	109864	-205408
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90242	189899	21962	107199	-202519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24080	50242	7597	30115	-54026
	Comp. gl	15319	48098	101176	15321	55647	-104462
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61989	131395	14184	68481	-135225
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61940	131400	14184	67810	-134611

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61882	131408	14184	67020	-133927
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9315	19705	2212	10509	-20483
	Comp. gl	4531	18997	40356	4531	20467	-40993
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	113535	189336	11186	113535	-189336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	108119	181567	11185	108119	-181567
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	101477	172033	11184	101477	-172033
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18597	30325	1461	18597	-30325
	Comp. gl	3030	29376	49508	3030	29376	-49508
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68174	135384	11173	68174	-135384
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67462	134624	11173	67462	-134624
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66625	133769	11173	66625	-133769
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9264	17959	1459	9264	-17959
	Comp. gl	3027	17678	35215	3027	17678	-35215
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	109902	205450	21963	109902	-205450
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	107866	203231	21962	107866	-203231
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105460	200699	21962	105460	-200699
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29513	53473	7597	29513	-53473
	Comp. gl	15321	54907	103913	15321	54907	-103913
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67821	134621	14184	67821	-134621
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67217	134094	14184	67217	-134094
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66505	133508	14184	66505	-133508
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10387	20364	2212	10387	-20364
	Comp. gl	4531	20322	40883	4531	20322	-40883
1a	380C1F1 / 380C2F1	11187	119241	197506	11178	54216	-108561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11186	113437	189195	11178	53792	-108198
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11185	106307	178966	11178	53292	-107797
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19608	31776	1460	7375	-14456
	Comp. gl	3030	30838	51628	3028	14538	-29256
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68954	136246	11172	61496	-130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	68161	135370	11172	61445	-130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	67229	134382	11172	61383	-130340
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9428	18166	1459	7886	-16640

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	17869	35422	3027	16045	-34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	112117	207932	21959	90565	-189911
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	109864	205408	21959	90418	-189903
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	107199	202519	21959	90242	-189899
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	30115	54026	7595	24080	-50242
	Comp. gl	15321	55647	104462	15319	48098	-101176
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68481	135225	14184	61989	-131395
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67810	134611	14184	61940	-131400
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	67020	133927	14184	61882	-131408
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10509	20483	2211	9315	-19705
	Comp. gl	4531	20467	40993	4531	18997	-40356

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	65091	133470	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64829	133341	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64517	133204	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	8727	17636	0	0	0
	Comp. gl	4038	17616	36253	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74382	157631	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74321	157634	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74248	157641	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9658	20379	0	0	0
	Comp. gl	4036	19657	41686	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	77382	160689	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	77179	160627	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76937	160565	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3320	13878	28057	0	0	0
	Comp. gl	6788	27606	56797	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71996	152513	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71937	152520	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71866	152531	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2548	10397	21964	0	0	0
	Comp. gl	5241	21242	45084	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548	0	0	0
	GW / opgw	2190	8930	19151	0	0	0
	Comp. gl	4543	18490	39651	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	63880	132983	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63729	132945	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	63549	132907	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8486	17491	0	0	0
	Comp. gl	4038	17319	36143	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74094	157662	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74056	157669	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74010	157678	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9604	20378	0	0	0
	Comp. gl	4036	19586	41695	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	76437	160477	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76318	160466	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76174	160457	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3320	13528	27894	0	0	0
	Comp. gl	6788	27167	56685	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71715	152560	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71678	152569	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71634	152580	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2548	10346	21970	0	0	0
	Comp. gl	5241	21173	45099	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	85576	155374	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83284	152456	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	80561	149065	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1947	12893	22682	0	0	0
	Comp. gl	4039	22628	41514	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78346	159359	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77917	159053	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77409	158718	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10453	20890	0	0	0
	Comp. gl	4036	20630	42085	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	92606	174413	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	90889	172448	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17320	88862	170202	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3321	19705	34409	0	0	0
	Comp. gl	6789	34691	63339	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	75703	153686	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75309	153458	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	74843	153210	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2548	11089	22253	0	0	0
	Comp. gl	5241	22117	45271	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14911	88058	158585	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	85534	155320	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	82531	151510	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	13379	23353	0	0	0
	Comp. gl	4039	23242	42304	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78814	159713	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78338	159353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77776	158957	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10550	20983	0	0	0
	Comp. gl	4037	20745	42169	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	94476	176608	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	92575	174377	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17321	90327	171817	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3321	20384	35278	0	0	0
	Comp. gl	6790	35549	64348	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	76130	153954	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75695	153682	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	75180	153386	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2548	11171	22313	0	0	0
	Comp. gl	5241	22215	45321	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	53025	107594	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	52720	107376	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	52361	107137	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	7129	14209	0	0	0
	Comp. gl	3028	14248	29031	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61661	130350	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61595	130344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61517	130340	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7917	16647	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3027	16086	34027	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13590	65576	135371	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	65351	135262	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13590	65084	135146	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2832	12503	25108	0	0	0
	Comp. gl	5777	24721	50612	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13582	60175	127164	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	60114	127166	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	60039	127170	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2061	8858	18663	0	0	0
	Comp. gl	4230	18068	38278	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497	0	0	0
	GW / opgw	1460	6468	13870	0	0	0
	Comp. gl	3028	13424	28788	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	51637	106730	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	51468	106652	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	51267	106569	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	6847	13976	0	0	0
	Comp. gl	3028	13911	28833	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61354	130342	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61314	130344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61267	130349	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7859	16636	0	0	0
	Comp. gl	3027	16010	34026	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13590	64538	134960	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	64409	134928	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13590	64255	134896	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2832	12125	24885	0	0	0
	Comp. gl	5777	24254	50438	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13582	59883	127186	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	59845	127192	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	59799	127200	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2061	8805	18664	0	0	0
	Comp. gl	4230	17997	38288	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	77266	137556	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	74616	133872	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	71442	129512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1460	11975	20714	0	0	0
	Comp. gl	3029	20198	36303	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	66233	133386	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65721	132902	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65119	132363	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	8857	17466	0	0	0
	Comp. gl	3027	17204	34738	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13592	83217	154282	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	81230	151737	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13592	78874	148787	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2834	18850	32577	0	0	0
	Comp. gl	5779	32500	58641	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13583	64284	129201	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63835	128853	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	63305	128469	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2061	9621	19105	0	0	0
	Comp. gl	4231	19015	38620	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	80112	141547	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	77217	137489	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	73741	132664	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1460	12514	21496	0	0	0
	Comp. gl	3029	20909	37300	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	66794	133939	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	66224	133377	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65554	132749	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	8974	17604	0	0	0
	Comp. gl	3027	17341	34870	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13593	85372	157089	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	83181	154235	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13592	80578	150913	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2834	19574	33540	0	0	0
	Comp. gl	5779	33435	59816	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13583	64774	129603	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13583	64276	129195	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	63689	128743	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2061	9713	19188	0	0	0
	Comp. gl	4231	19125	38694	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	58367	117326	12421	58367	-117326
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57958	117006	12421	57958	-117006
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57476	116653	12421	57476	-116653
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7923	15607	1622	7923	-15607
	Comp. gl	3365	15695	31704	3365	15695	-31704
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65890	139733	12415	65890	-139733
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65839	139735	12415	65839	-139735
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65777	139739	12415	65777	-139739
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8488	17925	1621	8488	-17925
	Comp. gl	3363	17277	36661	3363	17277	-36661
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83791	175308	19607	83791	-175308
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83636	175288	19607	83636	-175288
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83451	175270	19607	83451	-175270
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19827	41097	5711	19827	-41097
	Comp. gl	11555	39606	82930	11555	39606	-82930
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62782	133068	14424	62782	-133068
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62733	133074	14424	62733	-133074
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62673	133082	14424	62673	-133082
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9034	19096	2123	9034	-19096
	Comp. gl	4367	18474	39227	4367	18474	-39227
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56507	116043	12426	94024	-162842
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56282	115924	12425	90310	-157634
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	56014	115796	12425	85824	-151386
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7542	15268	1623	14920	-25150
	Comp. gl	3365	15242	31407	3366	24508	-42891
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65647	139755	12415	69665	-141646
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65616	139760	12415	69257	-141321
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65578	139767	12415	68776	-140963
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8442	17924	1621	9251	-18472
	Comp. gl	3363	17217	36667	3363	18203	-37105

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83064	175261	19609	96087	-184395
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82971	175265	19608	94729	-183021
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82858	175273	19608	93129	-181472
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19596	41092	5712	23606	-43590
	Comp. gl	11555	39299	82964	11556	44295	-85080
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62547	133104	14425	66290	-134405
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62516	133111	14424	65919	-134159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62478	133120	14424	65480	-133891
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8991	19100	2123	9691	-19414
	Comp. gl	4367	18417	39239	4367	19298	-39452
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	90373	157721	12425	90373	-157721
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	86956	152956	12425	86956	-152956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82840	147267	12424	82840	-147267
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	14241	24172	1623	14241	-24172
	Comp. gl	3366	23590	41597	3366	23590	-41597
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69264	141327	12415	69264	-141327
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68896	141050	12415	68896	-141050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68462	140746	12415	68462	-140746
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9168	18388	1621	9168	-18388
	Comp. gl	3363	18105	37029	3363	18105	-37029
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	94752	183044	19608	94752	-183044
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93529	181851	19608	93529	-181851
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	92087	180510	19608	92087	-180510
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	23204	43218	5712	23204	-43218
	Comp. gl	11556	43804	84720	11556	43804	-84720
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65925	134163	14424	65925	-134163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65590	133956	14424	65590	-133956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65192	133730	14424	65192	-133730
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9622	19361	2123	9622	-19361
	Comp. gl	4367	19214	39406	4367	19214	-39406
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	94024	162842	12421	56507	-116043
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	90310	157634	12421	56282	-115924

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	85824	151386	12421	56014	-115796
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14920	25150	1622	7542	-15268
	Comp. gl	3366	24508	42891	3365	15242	-31407
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69665	141646	12415	65647	-139755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	69257	141321	12415	65616	-139760
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68776	140963	12415	65578	-139767
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9251	18472	1621	8442	-17924
	Comp. gl	3363	18203	37105	3363	17217	-36667
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	96087	184395	19607	83064	-175261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	94729	183021	19607	82971	-175265
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	93129	181472	19607	82858	-175273
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23606	43590	5711	19596	-41092
	Comp. gl	11556	44295	85080	11555	39299	-82964
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	66290	134405	14424	62547	-133104
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65919	134159	14424	62516	-133111
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65480	133891	14424	62478	-133120
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9691	19414	2123	8991	-19100
	Comp. gl	4367	19298	39452	4367	18417	-39239

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+O)"

Mast 3

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H400(+0)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage M, M1 en M2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H400(+0) zijn de bijlage M en M1 (berekening maststerkte) en bijlage M2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,4 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28.5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H400(+0) zijn de bijlage M en M1 (berekening maststerkte) en bijlage M2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2H400(+0)”

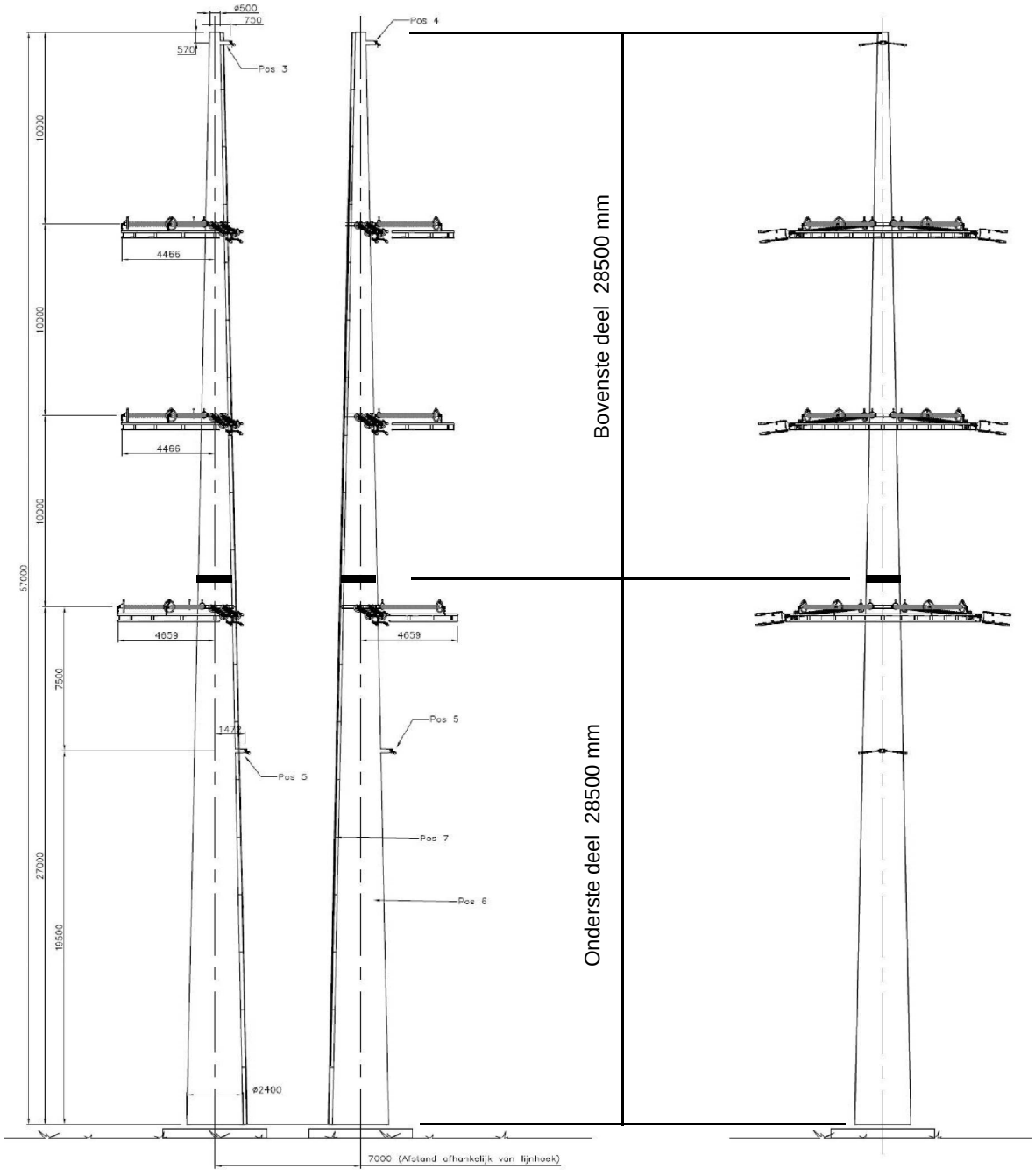
Berekening

W2H400+0

57,0 m - 2400 - 500

Mast 3

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	56,72
2	2280	595	519	n.v.t.	2	1	55,29
3	2850	690	595	n.v.t.	2	1	52,73
4	2850	785	690	n.v.t.	2	1	49,88
5	1450	833	785	n.v.t.	2	1	47,73
6	1400	880	833	n.v.t.	2	1	46,30
7	2850	975	880	n.v.t.	2	1	44,18
8	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
9	2850	1165	1070	n.v.t.	2	1	38,48
10	50	1167	1165	n.v.t.	2	1	37,03
11	2800	1260	1167	n.v.t.	2	1	35,60
12	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
13	2850	1450	1355	n.v.t.	2	1	29,93
14	1500	1500	1450	n.v.t.	2	1	27,75
15	1350	1545	1500	n.v.t.	2	1	26,33
16	1425	1593	1545	n.v.t.	2	1	24,94
17	1425	1640	1593	n.v.t.	2	1	23,51
18	1425	1688	1593	n.v.t.	2	1	22,09
19	1425	1735	1688	n.v.t.	2	1	20,66
20	450	1750	1735	n.v.t.	2	1	19,73
21	2400	1830	1750	n.v.t.	2	1	18,30
22	2850	1925	1830	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2020	1925	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2115	2020	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2210	2115	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2305	2210	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2305	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	557	15,0	25541	200,50	9,39E+08	191,70	3,37E+06
3	643	15,0	29570	232,13	1,46E+09	221,92	4,53E+06
4	738	15,0	34047	267,27	2,22E+09	255,50	6,03E+06
5	809	15,0	37424	293,78	2,95E+09	280,83	7,30E+06
6	857	15,0	39663	311,35	3,51E+09	297,62	8,20E+06
7	928	18,0	51431	403,73	5,32E+09	321,62	1,15E+07
8	1023	18,0	56803	445,90	7,17E+09	355,20	1,40E+07
9	1118	18,0	62175	488,08	9,40E+09	388,78	1,68E+07
10	1166	20,0	71995	565,16	1,18E+10	405,17	2,03E+07
11	1213	20,0	74979	588,59	1,34E+10	421,97	2,20E+07
12	1308	20,0	80896	635,03	1,68E+10	455,25	2,56E+07
13	1403	20,0	86865	681,89	2,08E+10	488,84	2,96E+07
14	1475	25,0	113883	893,98	2,99E+10	512,73	4,06E+07
15	1523	25,0	117613	923,26	3,30E+10	529,52	4,33E+07
16	1569	25,0	121246	951,78	3,61E+10	545,87	4,61E+07
17	1616	25,0	124976	981,07	3,96E+10	562,66	4,90E+07
18	1640	25,0	126842	995,71	4,14E+10	571,06	5,04E+07
19	1711	25,0	132438	1039,64	4,71E+10	596,24	5,50E+07
20	1743	25,0	134892	1058,90	4,97E+10	607,29	5,71E+07
21	1790	25,0	138623	1088,19	5,40E+10	624,08	6,03E+07
22	1878	28,0	162691	1277,12	6,96E+10	653,97	7,41E+07
23	1973	28,0	171047	1342,72	8,09E+10	687,56	8,20E+07
24	2068	28,0	179404	1408,32	9,33E+10	721,14	9,03E+07
25	2163	28,0	187760	1473,92	1,07E+11	754,72	9,89E+07
26	2258	28,0	196117	1539,52	1,22E+11	788,31	1,08E+08
27	2353	28,0	204474	1605,12	1,38E+11	821,89	1,17E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	570	2,33E+04	7,13E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	2,55E+04	9,39E+08
3	54150	3 -- 4	3	2850	2,96E+04	1,46E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	3,40E+04	2,22E+09
5	48450	5 -- 6	5	1450	3,74E+04	2,95E+09
6	47000	6 -- 7	6	1400	3,97E+04	3,51E+09
7	45600	7 -- 8	7	2850	5,14E+04	5,32E+09
8	42750	8 -- 9	8	2850	5,68E+04	7,17E+09
9	39900	9 -- 10	9	2850	6,22E+04	9,40E+09
10	37050	10 -- 11	10	50	7,20E+04	1,18E+10
11	37000	11 -- 12	11	2800	7,50E+04	1,34E+10
12	34200	12 -- 13	12	2850	8,09E+04	1,68E+10
13	31350	13 -- 14	13	2850	8,69E+04	2,08E+10
14	28500	14 -- 15	14	1500	1,14E+05	2,99E+10
15	27000	15 -- 16	15	1350	1,18E+05	3,30E+10
16	25650	16 -- 17	16	1425	1,21E+05	3,61E+10
17	24225	17 -- 18	17	1425	1,25E+05	3,96E+10
18	22800	18 -- 19	18	1425	1,27E+05	4,14E+10
19	21375	19 -- 20	19	1425	1,32E+05	4,71E+10
20	19950	20 -- 21	20	450	1,35E+05	4,97E+10
21	19500	21 -- 22	21	2400	1,39E+05	5,40E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,63E+05	6,96E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,71E+05	8,09E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,79E+05	9,33E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,88E+05	1,07E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,96E+05	1,22E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,04E+05	1,38E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,72	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,29	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
3	52,73	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
4	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
5	47,73	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
6	46,30	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
7	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
8	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
9	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
10	37,03	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
11	35,60	0,21	1,08	29,29	0,19	1261
12	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
13	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
14	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
15	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
16	24,94	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
17	23,51	0,21	1,00	26,95	0,21	1120
18	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
19	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
20	19,73	0,21	0,96	25,95	0,22	1063
21	18,30	0,21	0,95	25,53	0,22	1039
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	300	0,30	0,00	2,08E-02	679,50
2	2 -- 3	4913	3860	5,29	0,49	2,08E-02	667,66
3	3 -- 4	7043		10,20	18,15	2,07E-02	620,35
4	4 -- 5	8045		17,24	57,26	2,03E-02	561,79
5	5 -- 6	4477		25,29	117,87	1,98E-02	504,45
6	6 -- 7	4569	29696	59,46	157,79	1,95E-02	475,93
7	7 -- 8	11934		64,03	244,23	1,91E-02	448,87
8	8 -- 9	13136		75,97	443,73	1,83E-02	395,49
9	9 -- 10	14338		89,10	678,95	1,72E-02	344,87
10	10 -- 11	290		103,44	953,32	1,60E-02	297,43
11	11 -- 12	16900	30096	133,82	958,50	1,60E-02	296,63
12	12 -- 13	18526		150,73	1356,87	1,49E-02	253,34
13	13 -- 14	19861		169,25	1812,84	1,36E-02	212,75
14	14 -- 15	13635	9037	198,15	2323,51	1,22E-02	175,92
15	15 -- 16	12667	30578	242,36	2630,96	1,16E-02	158,02
16	16 -- 17	13777		255,03	2966,69	1,11E-02	142,67
17	17 -- 18	14194		268,81	3339,93	1,05E-02	127,29
18	18 -- 19	14403		283,00	3733,09	9,89E-03	112,76
19	19 -- 20	15029		297,40	4146,62	9,24E-03	99,12
20	20 -- 21	4833		312,43	4581,13	8,61E-03	86,39
21	21 -- 22	26477	7694	324,96	4722,81	8,41E-03	82,56
22	22 -- 23	36825		351,43	5534,48	7,33E-03	63,63
23	23 -- 24	38695		388,26	6588,54	6,15E-03	44,38
24	24 -- 25	40565		426,95	7750,21	4,95E-03	28,52
25	25 -- 26	42434		467,52	9024,84	3,73E-03	16,11
26	26 -- 27	44304		509,95	10417,73	2,50E-03	7,20
27	27 -- 28	46173		554,26	11934,23	1,25E-03	1,82
28			30510	630,94	13579,66	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	30,0	0,680	945,46	65,038
2	2 -- 3	491,3	386,0	0,668	5632,24	375,838
3	3 -- 4	704,3		0,620	4083,86	246,059
4	4 -- 5	804,5		0,562	4207,30	228,644
5	5 -- 6	447,7		0,504	2153,04	107,584
6	6 -- 7	456,9	2969,6	0,476	15937,34	770,336
7	7 -- 8	1193,4		0,449	4942,51	212,703
8	8 -- 9	1313,6		0,395	4770,16	180,000
9	9 -- 10	1433,8		0,345	4517,05	147,874
10	10 -- 11	29,0		0,297	84,53	2,559
11	11 -- 12	1690,0	3009,6	0,297	13316,87	392,614
12	12 -- 13	1852,6		0,253	4235,42	100,618
13	13 -- 14	1986,1		0,213	3786,43	75,009
14	14 -- 15	1363,5	903,7	0,176	3792,77	65,976
15	15 -- 16	1266,7	3057,8	0,158	6608,20	104,982
16	16 -- 17	1377,7		0,143	1824,26	25,101
17	17 -- 18	1419,4		0,127	1671,23	20,447
18	18 -- 19	1440,3		0,113	1496,79	16,164
19	19 -- 20	1502,9		0,099	1367,47	12,929
20	20 -- 21	483,3		0,086	400,46	3,448
21	21 -- 22	2647,7	769,4	0,083	2521,64	19,390
22	22 -- 23	3682,5		0,064	1950,95	10,740
23	23 -- 24	3869,5		0,044	1383,59	5,141
24	24 -- 25	4056,5		0,029	888,11	2,020
25	25 -- 26	4243,4		0,016	485,36	0,577
26	26 -- 27	4430,4		0,007	196,17	0,090
27	27 -- 28	4617,3		0,002	41,29	0,004
28			3051,0	0,000	0,00	0,000
				Som	93240	3192

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

$n_{1,x}$	=	0,86	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	928	0,991	0,570	0,56	519,63	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,34	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,91	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,20	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,45	1,05
6 -- 7	326	0,680	1,400	0,65	211,58	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,67	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,84	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,27	1,35
10 -- 11	60771	0,437	0,050	0,01	580,63	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,79	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	217,92	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,37	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	266,95	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,01	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,36	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,28	0,25
18 -- 19	1011	0,156	1,425	0,03	35,01	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,00	0,19
20 -- 21	2784	0,124	0,450	0,01	19,36	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,64	0,26
22 -- 23	1292	0,079	2,850	0,02	23,26	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,13	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,38	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2691	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,92	7042,44	19,54

m_e = 7042,4 / 11,9 = 590,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,86	Hz
b =	1,45	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,062	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,074	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,08

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,19	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,49	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,40	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,80
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,68 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,64

$c_s c_d$ = **1,10**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,81	0,63
2	31,8	1,18E+06	0,77	0,81	0,62
3	31,5	1,35E+06	0,77	0,81	0,62
4	31,2	1,53E+06	0,77	0,81	0,62
5	30,9	1,67E+06	0,77	0,81	0,62
6	30,8	1,76E+06	0,77	0,81	0,62
7	30,5	1,89E+06	0,77	0,81	0,62
8	30,1	2,05E+06	0,77	0,81	0,62
9	29,7	2,21E+06	0,77	0,81	0,62
10	29,5	2,29E+06	0,76	0,81	0,62
11	29,3	2,37E+06	0,76	0,81	0,62
12	28,8	2,51E+06	0,76	0,81	0,62
13	28,3	2,65E+06	0,76	0,81	0,62
14	27,9	2,74E+06	0,76	0,81	0,62
15	27,6	2,80E+06	0,76	0,81	0,62
16	27,3	2,85E+06	0,76	0,81	0,61
17	26,9	2,90E+06	0,76	0,81	0,61
18	26,6	2,91E+06	0,76	0,81	0,61
19	26,2	2,99E+06	0,76	0,81	0,61
20	26,0	3,01E+06	0,76	0,81	0,61
21	25,5	3,05E+06	0,75	0,81	0,61
22	24,7	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
23	23,5	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
24	22,1	3,05E+06	0,75	0,81	0,60
25	20,2	2,91E+06	0,74	0,81	0,60
26	17,3	2,61E+06	0,73	0,81	0,59
27	16,9	2,66E+06	0,73	0,81	0,59

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - M, M1 en M2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Passieve run	19,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	47,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	37,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	27,00	0,000
Passieve run	19,50	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	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Passieve run	19,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1043	86	1128	0,182	0,068	394	0,691
2	4571	342	4913	0,794	0,274	1671	0,733
3	6616	428	7043	1,143	0,342	2296	0,806
4	7617	428	8045	1,310	0,342	2518	0,884
5	4260	218	4477	0,730	0,174	1363	0,940
6	4359	210	4569	0,746	0,168	1366	0,976
7	11506	428	11934	1,642	0,342	2930	1,028
8	12708	428	13136	1,808	0,342	3119	1,094
9	13910	428	14338	1,973	0,342	3294	1,156
10	283	8	290	0,036	0,006	59	1,185
11	16480	420	16900	2,101	0,336	3395	1,213
12	18098	428	18526	2,301	0,342	3599	1,263
13	19434	428	19861	2,464	0,342	3724	1,307
14	13410	225	13635	1,362	0,180	2003	1,335
15	12464	203	12667	1,264	0,162	1824	1,351
16	13563	214	13777	1,374	0,171	1945	1,365
17	13980	214	14194	1,414	0,171	1961	1,376
18	14189	214	14403	1,433	0,171	1949	1,367
19	14815	214	15029	1,493	0,171	1982	1,391
20	4765	68	4833	0,480	0,054	627	1,393
21	26117	360	26477	2,624	0,288	3342	1,393
22	36398	428	36825	3,259	0,342	3937	1,381
23	38268	428	38695	3,409	0,342	3844	1,349
24	40137	428	40565	3,554	0,342	3667	1,287
25	42007	428	42434	3,688	0,342	3359	1,179
26	43876	428	44304	3,795	0,342	2813	0,987
27	45746	428	46173	3,947	0,342	2834	0,994
	480619	8550	489169	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	65816

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2586	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2966				
4	4 -- 5	3387				
5	5 -- 6	3705				
6	6 -- 7	3916	35643	35623	60303	41657
7	7 -- 8	5025				
8	8 -- 9	5531				
9	9 -- 10	6037				
10	10 -- 11	6962				
11	11 -- 12	7243	36120	36102	60782	42136
12	12 -- 13	7800				
13	13 -- 14	8363				
14	14 -- 15	10908	10844	10844	10844	10844
15	15 -- 16	11259	36699	36681	61361	42715
16	16 -- 17	11601				
17	17 -- 18	11953				
18	18 -- 19	12128				
19	19 -- 20	12656				
20	20 -- 21	12887				
21	21 -- 22	13238	9234	9230	37352	12244
22	22 -- 23	15505				
23	23 -- 24	16293				
24	24 -- 25	17080				
25	25 -- 26	17867				
26	26 -- 27	18654				
27	27 -- 28	19441				
28			36612	36612	36612	36612

KEMA rapport - bijlage M - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	691				
2	2 -- 3	733	29530	17898	48662	19080
3	3 -- 4	806				
4	4 -- 5	884				
5	5 -- 6	940				
6	6 -- 7	976	184474	134292	192468	130952
7	7 -- 8	1028				
8	8 -- 9	1094				
9	9 -- 10	1156				
10	10 -- 11	1185				
11	11 -- 12	1213	175294	133292	189164	130034
12	12 -- 13	1263				
13	13 -- 14	1307				
14	14 -- 15	1335				
15	15 -- 16	1351	163368	132022	184980	128860
16	16 -- 17	1365				
17	17 -- 18	1376				
18	18 -- 19	1367				
19	19 -- 20	1391				
20	20 -- 21	1393				
21	21 -- 22	1393	45248	34972	89848	37706
22	22 -- 23	1381				
23	23 -- 24	1349				
24	24 -- 25	1287				
25	25 -- 26	1179				
26	26 -- 27	987				
27	27 -- 28	994				
28						

KEMA rapport - bijlage M2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1106				
2	2 -- 3	1173	39998	21378	64384	23584
3	3 -- 4	1289				
4	4 -- 5	1414				
5	5 -- 6	1504				
6	6 -- 7	1562	244224	157372	244008	158050
7	7 -- 8	1645				
8	8 -- 9	1751				
9	9 -- 10	1849				
10	10 -- 11	1896				
11	11 -- 12	1940	230532	155768	238992	156602
12	12 -- 13	2020				
13	13 -- 14	2091				
14	14 -- 15	2136				
15	15 -- 16	2162	212526	153732	232622	154758
16	16 -- 17	2184				
17	17 -- 18	2202				
18	18 -- 19	2188				
19	19 -- 20	2225				
20	20 -- 21	2228				
21	21 -- 22	2228	59254	41026	117594	46024
22	22 -- 23	2210				
23	23 -- 24	2158				
24	24 -- 25	2059				
25	25 -- 26	1886				
26	26 -- 27	1579				
27	27 -- 28	1591				
28						

KEMA rapport - bijlage M - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	394		0	0,00E+00	3,39E-03	104
2	2 -- 3	1671		394	1,22E+05	3,39E-03	102
3	3 -- 4	2296		2065	3,00E+06	3,37E-03	94
4	4 -- 5	2518		4362	1,23E+07	3,31E-03	84
5	5 -- 6	1363		6880	2,86E+07	3,19E-03	75
6	6 -- 7	1366		8243	3,98E+07	3,11E-03	71
7	7 -- 8	2930		9609	5,26E+07	3,02E-03	66
8	8 -- 9	3119		12539	8,48E+07	2,85E-03	58
9	9 -- 10	3294		15658	1,26E+08	2,65E-03	50
10	10 -- 11	59		18951	1,76E+08	2,43E-03	43
11	11 -- 12	3395		19011	1,77E+08	2,43E-03	43
12	12 -- 13	3599		22406	2,36E+08	2,23E-03	36
13	13 -- 14	3724		26004	3,06E+08	2,01E-03	30
14	14 -- 15	2003		29728	3,86E+08	1,78E-03	25
15	15 -- 16	1824		31731	4,33E+08	1,69E-03	22
16	16 -- 17	1945		33556	4,77E+08	1,60E-03	20
17	17 -- 18	1961		35501	5,27E+08	1,50E-03	18
18	18 -- 19	1949		37462	5,80E+08	1,41E-03	16
19	19 -- 20	1982		39410	6,35E+08	1,31E-03	14
20	20 -- 21	627		41392	6,93E+08	1,21E-03	12
21	21 -- 22	3342		42019	7,12E+08	1,18E-03	11
22	22 -- 23	3937		45361	8,18E+08	1,02E-03	9
23	23 -- 24	3844		49298	9,54E+08	8,48E-04	6
24	24 -- 25	3667		53143	1,10E+09	6,76E-04	4
25	25 -- 26	3359		56810	1,26E+09	5,05E-04	2
26	26 -- 27	2813		60169	1,43E+09	3,35E-04	1
27	27 -- 28	2834		62982	1,60E+09	1,66E-04	0
28				65816	1,79E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,75E-02	1463
2	2 -- 3		29530	170751	1,41E+05	4,75E-02	1436
3	3 -- 4			1257462	6,86E+07	4,71E-02	1328
4	4 -- 5			3519083	1,55E+08	4,61E-02	1195
5	5 -- 6			6754795	2,42E+08	4,49E-02	1066
6	6 -- 7		184474	10730239	2,89E+08	4,43E-02	1001
7	7 -- 8			14611844	5,92E+08	4,34E-02	940
8	8 -- 9			23672375	1,21E+09	4,11E-02	819
9	9 -- 10			33646166	1,83E+09	3,83E-02	705
10	10 -- 11			44353810	2,45E+09	3,52E-02	600
11	11 -- 12		175294	44761326	2,46E+09	3,51E-02	599
12	12 -- 13			58811586	3,57E+09	3,21E-02	504
13	13 -- 14			73355778	4,69E+09	2,88E-02	417
14	14 -- 15			88491466	5,82E+09	2,54E-02	340
15	15 -- 16		163368	97504899	6,41E+09	2,39E-02	303
16	16 -- 17			105414872	7,16E+09	2,26E-02	272
17	17 -- 18			113697790	7,96E+09	2,12E-02	240
18	18 -- 19			121850532	8,75E+09	1,97E-02	211
19	19 -- 20			129804794	9,55E+09	1,82E-02	184
20	20 -- 21			137515932	1,03E+10	1,68E-02	159
21	21 -- 22		45248	139956701	1,06E+10	1,63E-02	152
22	22 -- 23			152609209	1,20E+10	1,39E-02	115
23	23 -- 24			166527267	1,38E+10	1,14E-02	79
24	24 -- 25			178840156	1,55E+10	8,97E-03	50
25	25 -- 26			189137919	1,72E+10	6,60E-03	28
26	26 -- 27			197012690	1,89E+10	4,31E-03	12
27	27 -- 28			202058261	2,06E+10	2,11E-03	3
28	28 -- 29			203961797	2,23E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,39E-02	1064
2	2 -- 3		17898	17898	1,01E+05	3,39E-02	1045
3	3 -- 4			17898	4,17E+07	3,36E-02	968
4	4 -- 5			17898	9,43E+07	3,30E-02	873
5	5 -- 6			17898	1,48E+08	3,23E-02	779
6	6 -- 7		134292	152190	1,76E+08	3,19E-02	733
7	7 -- 8			152190	3,92E+08	3,14E-02	689
8	8 -- 9			152190	8,32E+08	2,98E-02	601
9	9 -- 10			152190	1,27E+09	2,78E-02	519
10	10 -- 11			152190	1,71E+09	2,57E-02	443
11	11 -- 12		133292	285482	1,72E+09	2,56E-02	441
12	12 -- 13			285482	2,53E+09	2,35E-02	372
13	13 -- 14			285482	3,36E+09	2,11E-02	309
14	14 -- 15			285482	4,18E+09	1,87E-02	252
15	15 -- 16		132022	417504	4,62E+09	1,76E-02	225
16	16 -- 17			417504	5,19E+09	1,67E-02	201
17	17 -- 18			417504	5,79E+09	1,56E-02	178
18	18 -- 19			417504	6,39E+09	1,46E-02	157
19	19 -- 20			417504	6,99E+09	1,35E-02	137
20	20 -- 21			417504	7,59E+09	1,24E-02	118
21	21 -- 22		34972	452476	7,78E+09	1,21E-02	113
22	22 -- 23			452476	8,87E+09	1,03E-02	86
23	23 -- 24			452476	1,02E+10	8,49E-03	59
24	24 -- 25			452476	1,15E+10	6,68E-03	37
25	25 -- 26			452476	1,28E+10	4,91E-03	21
26	26 -- 27			452476	1,41E+10	3,21E-03	9
27	27 -- 28			452476	1,54E+10	1,57E-03	2
28				452476	1,66E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,69E-02	1697
2	2 -- 3		48662	48662	1,69E+05	5,69E-02	1664
3	3 -- 4			48662	1,12E+08	5,63E-02	1535
4	4 -- 5			48662	2,54E+08	5,46E-02	1377
5	5 -- 6			48662	3,96E+08	5,26E-02	1224
6	6 -- 7		192468	241130	4,71E+08	5,16E-02	1148
7	7 -- 8			241130	8,13E+08	5,04E-02	1077
8	8 -- 9			241130	1,51E+09	4,74E-02	937
9	9 -- 10			241130	2,21E+09	4,39E-02	806
10	10 -- 11			241130	2,91E+09	4,02E-02	686
11	11 -- 12		189164	430294	2,92E+09	4,02E-02	684
12	12 -- 13			430294	4,14E+09	3,67E-02	576
13	13 -- 14			430294	5,39E+09	3,28E-02	477
14	14 -- 15			430294	6,63E+09	2,89E-02	389
15	15 -- 16		184980	615274	7,28E+09	2,72E-02	347
16	16 -- 17			615274	8,12E+09	2,57E-02	311
17	17 -- 18			615274	9,01E+09	2,41E-02	276
18	18 -- 19			615274	9,90E+09	2,25E-02	242
19	19 -- 20			615274	1,08E+10	2,08E-02	211
20	20 -- 21			615274	1,17E+10	1,92E-02	183
21	21 -- 22		89848	705122	1,19E+10	1,87E-02	174
22	22 -- 23			705122	1,37E+10	1,60E-02	133
23	23 -- 24			705122	1,57E+10	1,31E-02	91
24	24 -- 25			705122	1,77E+10	1,03E-02	58
25	25 -- 26			705122	1,97E+10	7,60E-03	32
26	26 -- 27			705122	2,17E+10	4,97E-03	14
27	27 -- 28			705122	2,38E+10	2,43E-03	4
28				705122	2,58E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,36E-02	1051
2	2 -- 3		19080	19080	1,00E+05	3,36E-02	1032
3	3 -- 4			19080	4,44E+07	3,34E-02	955
4	4 -- 5			19080	1,00E+08	3,27E-02	861
5	5 -- 6			19080	1,57E+08	3,19E-02	769
6	6 -- 7		130952	150032	1,87E+08	3,15E-02	723
7	7 -- 8			150032	4,00E+08	3,10E-02	679
8	8 -- 9			150032	8,34E+08	2,94E-02	592
9	9 -- 10			150032	1,27E+09	2,74E-02	511
10	10 -- 11			150032	1,70E+09	2,53E-02	436
11	11 -- 12		130034	280066	1,71E+09	2,53E-02	435
12	12 -- 13			280066	2,51E+09	2,32E-02	367
13	13 -- 14			280066	3,31E+09	2,08E-02	304
14	14 -- 15			280066	4,12E+09	1,84E-02	248
15	15 -- 16		128860	408926	4,55E+09	1,73E-02	221
16	16 -- 17			408926	5,11E+09	1,64E-02	198
17	17 -- 18			408926	5,70E+09	1,54E-02	176
18	18 -- 19			408926	6,29E+09	1,44E-02	154
19	19 -- 20			408926	6,87E+09	1,33E-02	135
20	20 -- 21			408926	7,46E+09	1,22E-02	117
21	21 -- 22		37706	446632	7,65E+09	1,19E-02	111
22	22 -- 23			446632	8,73E+09	1,02E-02	85
23	23 -- 24			446632	1,00E+10	8,36E-03	58
24	24 -- 25			446632	1,13E+10	6,57E-03	37
25	25 -- 26			446632	1,26E+10	4,84E-03	20
26	26 -- 27			446632	1,39E+10	3,16E-03	9
27	27 -- 28			446632	1,51E+10	1,55E-03	2
28				446632	1,64E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,35E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,35E-04	2
3	3 -- 4				2,82E+06	1,02E-04	1
4	4 -- 5				2,82E+06	7,58E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	5,86E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,20E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,67E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	3,95E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,41E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,01E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,00E-05	1
12	12 -- 13				2,82E+06	2,72E-05	0
13	13 -- 14				2,82E+06	2,49E-05	0
14	14 -- 15				2,82E+06	2,31E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	2,24E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	2,18E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	2,13E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	2,08E-05	0
19	19 -- 20				2,82E+06	2,04E-05	0
20	20 -- 21				2,82E+06	2,00E-05	0
21	21 -- 22				1,88E+07	1,98E-05	0
22	22 -- 23				1,88E+07	1,59E-05	0
23	23 -- 24				1,88E+07	1,22E-05	0
24	24 -- 25				1,88E+07	9,05E-06	0
25	25 -- 26				1,88E+07	6,32E-06	0
26	26 -- 27				1,88E+07	3,94E-06	0
27	27 -- 28				1,88E+07	1,85E-06	0
28					1,88E+07	0,00E+00	0

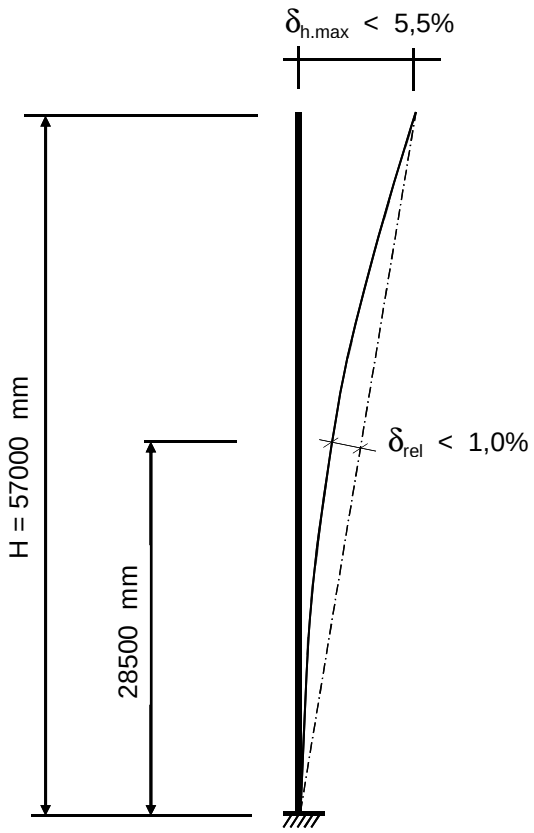
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,8E-02	1730
2	2 -- 3	5,8E-02	1697
3	3 -- 4	5,7E-02	1565
4	4 -- 5	5,6E-02	1403
5	5 -- 6	5,4E-02	1247
6	6 -- 7	5,3E-02	1170
7	7 -- 8	5,1E-02	1098
8	8 -- 9	4,8E-02	955
9	9 -- 10	4,5E-02	822
10	10 -- 11	4,1E-02	700
11	11 -- 12	4,1E-02	698
12	12 -- 13	3,7E-02	588
13	13 -- 14	3,3E-02	487
14	14 -- 15	2,9E-02	397
15	15 -- 16	2,8E-02	354
16	16 -- 17	2,6E-02	317
17	17 -- 18	2,5E-02	281
18	18 -- 19	2,3E-02	247
19	19 -- 20	2,1E-02	216
20	20 -- 21	2,0E-02	187
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	135
23	23 -- 24	1,3E-02	93
24	24 -- 25	1,1E-02	59
25	25 -- 26	7,8E-03	33
26	26 -- 27	5,1E-03	14
27	27 -- 28	2,5E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1730 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,03 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 14 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 397 mm
α = 1,74 graden

δ_{rel} = 468 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,82 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	591	360	0	0,00E+00	5,01E-03	154
2	2 -- 3	2507	6346	591	1,68E+05	5,01E-03	151
3	3 -- 4	3445	12242	3098	4,37E+06	4,99E-03	139
4	4 -- 5	3777	20693	6543	1,81E+07	4,89E-03	125
5	5 -- 6	2044	30347	10320	4,21E+07	4,72E-03	111
6	6 -- 7	2050	71363	12364	5,86E+07	4,60E-03	105
7	7 -- 8	4395	76845	14413	7,73E+07	4,47E-03	98
8	8 -- 9	4678	91166	18809	1,25E+08	4,22E-03	86
9	9 -- 10	4941	106929	23486	1,85E+08	3,92E-03	74
10	10 -- 11	89	124134	28427	2,59E+08	3,61E-03	64
11	11 -- 12	5093	160602	28516	2,60E+08	3,60E-03	63
12	12 -- 13	5398	180883	33609	3,47E+08	3,30E-03	54
13	13 -- 14	5586	203114	39006	4,51E+08	2,98E-03	45
14	14 -- 15	3004	237791	44592	5,70E+08	2,64E-03	37
15	15 -- 16	2737	290852	47597	6,39E+08	2,50E-03	33
16	16 -- 17	2918	306052	50333	7,05E+08	2,37E-03	30
17	17 -- 18	2942	322584	53251	7,79E+08	2,23E-03	26
18	18 -- 19	2923	339616	56193	8,57E+08	2,09E-03	23
19	19 -- 20	2973	356899	59116	9,39E+08	1,94E-03	20
20	20 -- 21	940	374934	62088	1,03E+09	1,80E-03	18
21	21 -- 22	5013	389967	63028	1,05E+09	1,76E-03	17
22	22 -- 23	5906	421739	68042	1,21E+09	1,52E-03	13
23	23 -- 24	5766	465929	73948	1,41E+09	1,26E-03	9
24	24 -- 25	5500	512363	79714	1,63E+09	1,00E-03	6
25	25 -- 26	5039	561041	85214	1,87E+09	7,50E-04	3
26	26 -- 27	4219	611962	90253	2,12E+09	4,98E-04	1
27	27 -- 28	4251	665126	94473	2,38E+09	2,47E-04	0
28			757146	98724	2,66E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,22E-02	1913
2	2 -- 3		39998	39998	0,00E+00	6,22E-02	1877
3	3 -- 4			39998	9,12E+07	6,17E-02	1736
4	4 -- 5			39998	2,05E+08	6,03E-02	1562
5	5 -- 6			39998	3,19E+08	5,87E-02	1392
6	6 -- 7		244224	284222	3,77E+08	5,79E-02	1308
7	7 -- 8			284222	7,75E+08	5,68E-02	1227
8	8 -- 9			284222	1,59E+09	5,38E-02	1069
9	9 -- 10			284222	2,40E+09	5,00E-02	921
10	10 -- 11			284222	3,21E+09	4,59E-02	784
11	11 -- 12		230532	514754	3,22E+09	4,59E-02	782
12	12 -- 13			514754	4,66E+09	4,19E-02	658
13	13 -- 14			514754	6,13E+09	3,76E-02	545
14	14 -- 15			514754	7,59E+09	3,31E-02	444
15	15 -- 16		212526	727280	8,37E+09	3,12E-02	396
16	16 -- 17			727280	9,35E+09	2,95E-02	355
17	17 -- 18			727280	1,04E+10	2,76E-02	314
18	18 -- 19			727280	1,14E+10	2,57E-02	276
19	19 -- 20			727280	1,25E+10	2,38E-02	241
20	20 -- 21			727280	1,35E+10	2,19E-02	208
21	21 -- 22		59254	786534	1,38E+10	2,13E-02	198
22	22 -- 23			786534	1,57E+10	1,82E-02	151
23	23 -- 24			786534	1,80E+10	1,49E-02	103
24	24 -- 25			786534	2,02E+10	1,17E-02	65
25	25 -- 26			786534	2,24E+10	8,62E-03	36
26	26 -- 27			786534	2,47E+10	5,63E-03	16
27	27 -- 28			786534	2,69E+10	2,75E-03	4
28				786534	2,92E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,92E-02	1232
2	2 -- 3		21378	21378	0,00E+00	3,92E-02	1210
3	3 -- 4			21378	4,87E+07	3,90E-02	1121
4	4 -- 5			21378	1,10E+08	3,82E-02	1010
5	5 -- 6			21378	1,71E+08	3,74E-02	903
6	6 -- 7		157372	178750	2,02E+08	3,69E-02	849
7	7 -- 8			178750	4,52E+08	3,63E-02	798
8	8 -- 9			178750	9,61E+08	3,45E-02	696
9	9 -- 10			178750	1,47E+09	3,22E-02	601
10	10 -- 11			178750	1,98E+09	2,97E-02	513
11	11 -- 12		155768	334518	1,99E+09	2,97E-02	511
12	12 -- 13			334518	2,93E+09	2,72E-02	431
13	13 -- 14			334518	3,88E+09	2,45E-02	358
14	14 -- 15			334518	4,83E+09	2,16E-02	292
15	15 -- 16		153732	488250	5,33E+09	2,04E-02	260
16	16 -- 17			488250	5,99E+09	1,93E-02	233
17	17 -- 18			488250	6,69E+09	1,81E-02	207
18	18 -- 19			488250	7,38E+09	1,69E-02	182
19	19 -- 20			488250	8,08E+09	1,56E-02	159
20	20 -- 21			488250	8,78E+09	1,44E-02	137
21	21 -- 22		41026	529276	9,00E+09	1,40E-02	131
22	22 -- 23			529276	1,03E+10	1,20E-02	100
23	23 -- 24			529276	1,18E+10	9,84E-03	68
24	24 -- 25			529276	1,33E+10	7,74E-03	43
25	25 -- 26			529276	1,48E+10	5,70E-03	24
26	26 -- 27			529276	1,63E+10	3,72E-03	11
27	27 -- 28			529276	1,78E+10	1,82E-03	3
28				529276	1,93E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,21E-02	2142
2	2 -- 3		64384	64384	0,00E+00	7,21E-02	2100
3	3 -- 4			64384	1,47E+08	7,13E-02	1937
4	4 -- 5			64384	3,30E+08	6,91E-02	1736
5	5 -- 6			64384	5,14E+08	6,65E-02	1543
6	6 -- 7		244008	308392	6,07E+08	6,52E-02	1447
7	7 -- 8			308392	1,04E+09	6,36E-02	1357
8	8 -- 9			308392	1,92E+09	5,98E-02	1181
9	9 -- 10			308392	2,80E+09	5,54E-02	1016
10	10 -- 11			308392	3,68E+09	5,07E-02	864
11	11 -- 12		238992	547384	3,69E+09	5,06E-02	862
12	12 -- 13			547384	5,22E+09	4,62E-02	726
13	13 -- 14			547384	6,78E+09	4,13E-02	601
14	14 -- 15			547384	8,34E+09	3,64E-02	490
15	15 -- 16		232622	780006	9,16E+09	3,43E-02	437
16	16 -- 17			780006	1,02E+10	3,24E-02	392
17	17 -- 18			780006	1,13E+10	3,04E-02	347
18	18 -- 19			780006	1,24E+10	2,83E-02	305
19	19 -- 20			780006	1,36E+10	2,62E-02	266
20	20 -- 21			780006	1,47E+10	2,42E-02	231
21	21 -- 22		117594	897600	1,50E+10	2,35E-02	220
22	22 -- 23			897600	1,72E+10	2,01E-02	167
23	23 -- 24			897600	1,97E+10	1,65E-02	115
24	24 -- 25			897600	2,23E+10	1,30E-02	73
25	25 -- 26			897600	2,48E+10	9,58E-03	40
26	26 -- 27			897600	2,74E+10	6,26E-03	18
27	27 -- 28			897600	3,00E+10	3,07E-03	4
28				897600	3,25E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,02E-02	1255
2	2 -- 3		23584	23584	0,00E+00	4,02E-02	1232
3	3 -- 4			23584	5,38E+07	3,99E-02	1141
4	4 -- 5			23584	1,21E+08	3,91E-02	1028
5	5 -- 6			23584	1,88E+08	3,81E-02	918
6	6 -- 7		158050	181634	2,22E+08	3,77E-02	863
7	7 -- 8			181634	4,77E+08	3,70E-02	810
8	8 -- 9			181634	9,94E+08	3,51E-02	707
9	9 -- 10			181634	1,51E+09	3,27E-02	610
10	10 -- 11			181634	2,03E+09	3,02E-02	521
11	11 -- 12		156602	338236	2,04E+09	3,01E-02	519
12	12 -- 13			338236	2,99E+09	2,76E-02	438
13	13 -- 14			338236	3,95E+09	2,48E-02	363
14	14 -- 15			338236	4,91E+09	2,19E-02	296
15	15 -- 16		154758	492994	5,42E+09	2,07E-02	264
16	16 -- 17			492994	6,09E+09	1,96E-02	237
17	17 -- 18			492994	6,79E+09	1,84E-02	210
18	18 -- 19			492994	7,49E+09	1,71E-02	185
19	19 -- 20			492994	8,19E+09	1,59E-02	161
20	20 -- 21			492994	8,90E+09	1,46E-02	139
21	21 -- 22		46024	539018	9,12E+09	1,42E-02	133
22	22 -- 23			539018	1,04E+10	1,22E-02	101
23	23 -- 24			539018	1,19E+10	9,99E-03	69
24	24 -- 25			539018	1,35E+10	7,86E-03	44
25	25 -- 26			539018	1,50E+10	5,79E-03	24
26	26 -- 27			539018	1,66E+10	3,78E-03	11
27	27 -- 28			539018	1,81E+10	1,85E-03	3
28				539018	1,96E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,62E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,62E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,22E-04	2
4	4 -- 5				3,38E+06	9,10E-05	1
5	5 -- 6				3,38E+06	7,03E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	6,24E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	5,60E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	4,74E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	4,10E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	3,61E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	3,60E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,26E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	2,99E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	2,77E-05	0
15	15 -- 16				3,38E+06	2,69E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	2,62E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	2,56E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	2,50E-05	0
19	19 -- 20				3,38E+06	2,44E-05	0
20	20 -- 21				3,38E+06	2,40E-05	0
21	21 -- 22				2,25E+07	2,38E-05	0
22	22 -- 23				2,25E+07	1,90E-05	0
23	23 -- 24				2,25E+07	1,46E-05	0
24	24 -- 25				2,25E+07	1,09E-05	0
25	25 -- 26				2,25E+07	7,59E-06	0
26	26 -- 27				2,25E+07	4,73E-06	0
27	27 -- 28				2,25E+07	2,21E-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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,38	64,56	14,09
3	3 -- 4	26,28	65,31	162,15
4	4 -- 5	34,73	66,35	349,77
5	5 -- 6	44,38	67,48	540,47
6	6 -- 7	110,06	312,10	638,76
7	7 -- 8	115,54	312,72	1076,13
8	8 -- 9	129,86	314,03	1969,25
9	9 -- 10	145,63	315,44	2866,25
10	10 -- 11	162,83	316,92	3767,36
11	11 -- 12	223,96	555,94	3783,21
12	12 -- 13	244,24	557,47	5341,97
13	13 -- 14	266,47	559,09	6933,06
14	14 -- 15	301,15	562,32	8528,84
15	15 -- 16	378,87	794,29	9370,66
16	16 -- 17	394,07	795,11	10443,50
17	17 -- 18	410,60	795,98	11577,15
18	18 -- 19	427,64	796,86	12712,05
19	19 -- 20	444,92	797,74	13848,21
20	20 -- 21	462,95	798,63	14985,62
21	21 -- 22	506,10	916,51	15422,58
22	22 -- 23	537,88	918,01	17624,00
23	23 -- 24	582,07	919,78	20242,86
24	24 -- 25	628,50	921,51	22866,71
25	25 -- 26	677,18	923,16	25495,38
26	26 -- 27	728,10	924,68	28128,55
27	27 -- 28	781,26	925,94	30765,68
28		873,28	927,22	33406,43

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 880	14,09	20,38	33	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 880	162,15	26,28	132	166,3	1372,4	0,12
3	500 / 880	349,77	34,73	161	359,5	1865,0	0,20
4	500 / 880	540,47	44,38	156	557,1	2433,2	0,23
5	500 / 880	638,76	110,06	77	663,9	2751,2	0,25
6	500 / 880	1076,13	115,54	73	1109,7	3076,8	0,37
7	880 / 1165	1969,25	129,86	142	2021,3	4513,1	0,45
8	880 / 1165	2866,25	145,63	133	2937,7	5462,4	0,54
9	880 / 1165	3767,36	162,83	122	3858,7	6502,2	0,60
10	1165 / 1450	3783,21	223,96	2	3875,0	7208,5	0,55
11	1165 / 1450	5341,97	244,24	110	5460,6	8440,3	0,66
12	1165 / 1450	6933,06	266,47	101	7078,7	9793,8	0,73
13	1165 / 1450	8528,84	301,15	90	8701,5	11247,9	0,78
14	1450/ 1830	9370,66	378,87	43	9559,6	14916,5	0,65
15	1450/ 1830	10443,50	394,07	36	10646,8	15848,1	0,68
16	1450/ 1830	11577,15	410,60	36	11795,3	16862,1	0,71
17	1450/ 1830	12712,05	427,64	34	12944,7	17907,5	0,73
18	1450/ 1830	13848,21	444,92	31	14094,9	18984,4	0,75
19	1450/ 1830	14985,62	462,95	29	15245,8	20092,8	0,77
20	1450/ 1830	15422,58	506,10	9	15687,1	20449,3	0,78
21	1450/ 1830	17624,00	537,88	43	17911,4	22403,8	0,81
22	1830/ 2400	20242,86	582,07	42	20555,0	27691,2	0,75
23	1830/ 2400	22866,71	628,50	34	23200,3	30554,7	0,77
24	1830/ 2400	25495,38	677,18	26	25846,7	33559,2	0,78
25	1830/ 2400	28128,55	728,10	18	28493,2	36704,5	0,79
26	1830/ 2400	30765,68	781,26	11	31138,8	39990,8	0,79
27	1830/ 2400	33406,43	873,28	4	33782,6	43418,0	0,79

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	15,0	34,60	0,81	355	355
595	15,0	39,67	0,81	355	355
690	15,0	46,00	0,81	355	355
785	15,0	52,33	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
880	15,0	58,67	0,81	355	355
975	18,0	54,17	0,81	355	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1165	18,0	64,72	0,81	335	355
1167	20,0	58,33	0,81	355	355
1260	20,0	63,00	0,81	342	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1450	20,0	72,50	0,81	311	355
1500	25,0	60,00	0,81	353	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1593	25,0	63,70	0,81	339	355
1640	25,0	65,60	0,81	332	355
1688	25,0	67,50	0,81	326	355
1735	25,0	69,40	0,81	320	355
1750	25,0	70,00	0,81	318	355
1830	25,0	73,20	0,81	309	355
1925	28,0	68,75	0,81	322	355
2020	28,0	72,14	0,81	312	355
2115	28,0	75,54	0,81	303	355
2210	28,0	78,93	0,81	294	355
2305	28,0	82,32	0,81	286	355
2400	28,0	85,71	0,81	279	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 880	5,28	0,87	355	355	0,02
2	500 / 880	49,34	1,03	355	355	0,14
3	500 / 880	79,31	1,17	355	355	0,23
4	500 / 880	92,44	1,30	355	355	0,26
5	500 / 880	91,01	2,94	355	355	0,26
6	500 / 880	135,29	2,91	355	355	0,39
7	880 / 1165	176,20	2,52	355	355	0,50
8	880 / 1165	209,56	2,56	355	355	0,60
9	880 / 1165	229,42	2,62	355	335	0,65
10	1165 / 1450	191,12	3,11	355	355	0,55
11	1165 / 1450	248,14	3,26	355	342	0,71
12	1165 / 1450	276,01	3,29	355	325	0,79
13	1165 / 1450	293,96	3,47	355	311	0,84
14	1450/ 1830	235,49	3,33	355	353	0,67
15	1450/ 1830	245,77	3,35	355	346	0,70
16	1450/ 1830	256,09	3,39	355	339	0,73
17	1450/ 1830	264,39	3,42	355	332	0,76
18	1450/ 1830	279,42	3,51	355	326	0,80
19	1450/ 1830	277,06	3,50	355	320	0,79
20	1450/ 1830	274,73	3,75	355	318	0,79
21	1450/ 1830	296,92	3,88	355	309	0,85
22	1830/ 2400	277,32	3,58	355	322	0,79
23	1830/ 2400	282,98	3,67	355	312	0,81
24	1830/ 2400	286,38	3,77	355	303	0,82
25	1830/ 2400	288,06	3,88	355	294	0,82
26	1830/ 2400	288,40	3,98	355	286	0,83
27	1830/ 2400	287,69	4,27	355	279	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

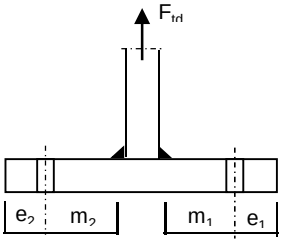
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

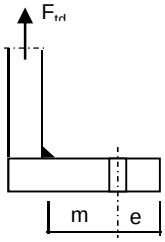
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

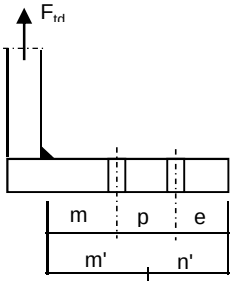
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,24	10,54	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
1250,00	32	843,47	17,57	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,80

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2760,00	1984,00	173,2	127,0	127,0			141,7
2760,00	1984,00	173,2	125,0	125,0			197,1
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1250,00	1250,0	68,2	57,5	57,5			122,7
1250,00	1250,0	73,2	57,5	57,5			122,7

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,19E+08	2739,72	1508,21	1696,90	1508,21	1260,49	0,84
100	1,65E+08	3811,30	1818,15	1696,90	1696,90	1260,49	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
90	8,32E+07	2440,90	1147,32	2121,12	1147,32	843,47	0,74
90	8,32E+07	2274,20	1103,43	2121,12	1103,43	843,47	0,76
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,86	1,450	0,18	6,93

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	680	1,000		1,000			
2	668	0,983	1 -- 2	0,991	113	416	927,7
3	620	0,913	2 -- 3	0,948	491		215,5
4	562	0,827	3 -- 4	0,870	704		247,1
5	504	0,742	4 -- 5	0,785	804		282,3
6	476	0,700	5 -- 6	0,721	448	2970	2356,8
7	449	0,661	6 -- 7	0,680	457		326,4
8	395	0,582	7 -- 8	0,621	1193		418,7
9	345	0,508	8 -- 9	0,545	1314		460,9
10	297	0,438	9 -- 10	0,473	1434		503,1
11	297	0,437	10 -- 11	0,437	29	3010	60771,3
12	253	0,373	11 -- 12	0,405	1690		603,6
13	213	0,313	12 -- 13	0,343	1853		650,0
14	176	0,259	13 -- 14	0,286	1986	904	1014,0
15	158	0,233	14 -- 15	0,246	1363	3058	2947,5
16	143	0,210	15 -- 16	0,221	1267		938,3
17	127	0,187	16 -- 17	0,199	1378		966,8
18	113	0,166	17 -- 18	0,177	1419		996,1
19	99	0,146	18 -- 19	0,156	1440		1010,7
20	86	0,127	19 -- 20	0,137	1503		1054,6
21	83	0,121	20 -- 21	0,124	483	769	2783,7
22	64	0,094	21 -- 22	0,108	2648		1103,2
23	44	0,065	22 -- 23	0,079	3683		1292,1
24	29	0,042	23 -- 24	0,054	3870		1357,7
25	16	0,024	24 -- 25	0,033	4056		1423,3
26	7	0,011	25 -- 26	0,017	4243		1488,9
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4430		1554,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4617	3051	2690,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	928	0,991	0,570	0,56	519,63	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,34	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,91	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,20	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,45	1,05
6 -- 7	326	0,680	1,400	0,65	211,58	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,67	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,84	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,27	1,35
10 -- 11	60771	0,437	0,050	0,01	580,63	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,79	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	217,92	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,37	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	266,95	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,01	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,36	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,28	0,25
18 -- 19	1011	0,156	1,425	0,03	35,01	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,00	0,19
20 -- 21	2784	0,124	0,450	0,01	19,36	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,64	0,26
22 -- 23	1292	0,079	2,850	0,02	23,26	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,13	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,38	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2691	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,92	7042,44	19,54

m_e = 7042,4 / 11,9 = 590,6 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	590,6	0,030	1,25	1,450	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

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

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

K = 19,54 / (4 * π * 11,92) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 6,93 / $15*10^{-6}$ = 6,7E+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

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,55 / 19,54 = 0,39

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,130 * 0,39 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,023 = 0,033 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		138755	138755	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			138755	7,91E+07	5,3E-02	970
3	3 -- 4			138755	3,95E+08	5,0E-02	853
4	4 -- 5			138755	7,91E+08	4,4E-02	718
5	5 -- 6			138755	1,19E+09	3,8E-02	599
6	6 -- 7			138755	1,39E+09	3,5E-02	546
7	7 -- 8			138755	1,58E+09	3,2E-02	499
8	8 -- 9			138755	1,98E+09	2,8E-02	412
9	9 -- 10			138755	2,37E+09	2,4E-02	339
10	10 -- 11			138755	2,77E+09	2,0E-02	276
11	11 -- 12			138755	2,78E+09	2,0E-02	275
12	12 -- 13			138755	3,16E+09	1,7E-02	223
13	13 -- 14			138755	3,56E+09	1,4E-02	178
14	14 -- 15			138755	3,95E+09	1,2E-02	141
15	15 -- 16			138755	4,16E+09	1,1E-02	124
16	16 -- 17			138755	4,35E+09	1,0E-02	110
17	17 -- 18			138755	4,55E+09	9,2E-03	96
18	18 -- 19			138755	4,75E+09	8,4E-03	83
19	19 -- 20			138755	4,94E+09	7,6E-03	72
20	20 -- 21			138755	5,14E+09	6,9E-03	62
21	21 -- 22			138755	5,20E+09	6,7E-03	59
22	22 -- 23			138755	5,54E+09	5,5E-03	44
23	23 -- 24			138755	5,93E+09	4,4E-03	30
24	24 -- 25			138755	6,33E+09	3,4E-03	19
25	25 -- 26			138755	6,72E+09	2,5E-03	10
26	26 -- 27			138755	7,12E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			138755	7,51E+09	7,6E-04	1
28	28 -- 29			138755	7,91E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	15,0	2908640	27	0,0334	1,8
2	595	15,0	3865792	102	0,0334	6,8
3	690	15,0	5253609	151	0,0334	10,1
4	785	15,0	6854068	173	0,0334	11,6
5	833	15,0	7749952	179	0,0334	12,0
6	880	15,0	8667171	183	0,0334	12,2
7	975	18,0	12712975	156	0,0334	10,4
8	1070	18,0	15386965	154	0,0334	10,3
9	1165	18,0	18316127	151	0,0334	10,1
10	1167	20,0	20305643	137	0,0334	9,1
11	1260	20,0	23775374	133	0,0334	8,9
12	1355	20,0	27588103	129	0,0334	8,6
13	1450	20,0	31684359	125	0,0334	8,3
14	1500	25,0	42018393	99	0,0334	6,6
15	1545	25,0	44642616	97	0,0334	6,5
16	1593	25,0	47498900	96	0,0334	6,4
17	1640	25,0	50443786	94	0,0334	6,3
18	1688	25,0	53477275	92	0,0334	6,2
19	1735	25,0	56599365	91	0,0334	6,1
20	1750	25,0	57603696	90	0,0334	6,0
21	1830	25,0	63109352	88	0,0334	5,9
22	1925	28,0	78003444	76	0,0334	5,1
23	2020	28,0	86069711	74	0,0334	4,9
24	2115	28,0	94532916	71	0,0334	4,8
25	2210	28,0	103393059	69	0,0334	4,6
26	2305	28,0	112650141	67	0,0334	4,5
27	2400	28,0	122304162	65	0,0334	4,3

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,86 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 6,93 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

z_s = 52,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,5 m/s

V_o = 31,5 * 20 / 100 = 6,30 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,89 * [6,93 / 6,30]^2 * \exp[-(6,93 / 6,30)^2]$ = 2,98E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

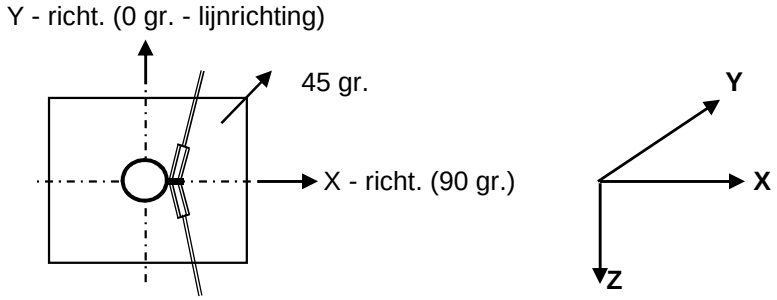
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,21	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
4	Lasnaad	12,08	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
5	Lasnaad	13,89	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
7	Lasnaad	14,65	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
8	Lasnaad	12,48	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
9	Lasnaad	12,38	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
10	Lasnaad	12,13	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
12	Lasnaad	10,68	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
13	Lasnaad	10,35	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
14	flenzen	10,02	35	19,25	1,000E+10	2,98E+08	0,03
16	Lasnaad	7,82	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
18	Lasnaad	7,55	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
20	Lasnaad	7,29	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
22	Lasnaad	7,04	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
23	Lasnaad	6,10	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
24	Lasnaad	5,90	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
25	Lasnaad	5,71	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
26	Lasnaad	5,53	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
27	Lasnaad	5,35	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
28	voetplaat	5,19	35	19,25	1,000E+10	2,98E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			641			
2 - Windbelasting mast	105				2833	
3 - Belasting geval 1a	787		116		29181	
4 - Belasting geval 1b	529		116		19340	
5 - Belasting geval 3	898		232		32610	
6 - Belasting geval 4	539		139		19659	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	892		757		32014	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	549		757		19871	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	927		**873**		**33406**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	559		780		20190	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	27327	kNm	33406	kNm	33406	kNm
Dwarskracht	771	kN	927	kN	927	kN
Verticale kracht	631	kN	873	kN	568	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,24	10,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	516,49	8,76	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 630,2 kN

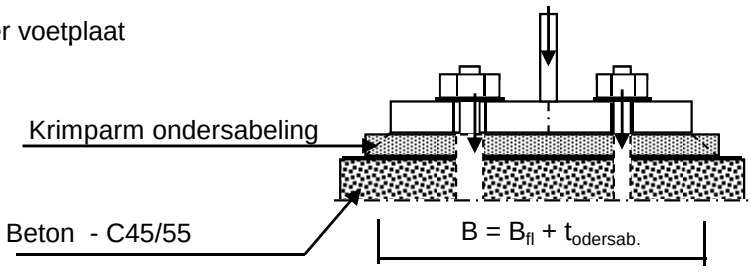
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 516,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 650,1 + 1,00 * 516,5 = 1166,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

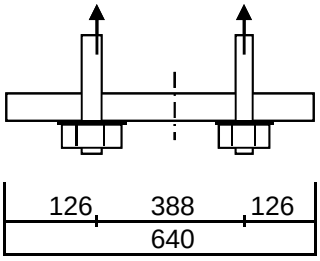
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2372	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 115165 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

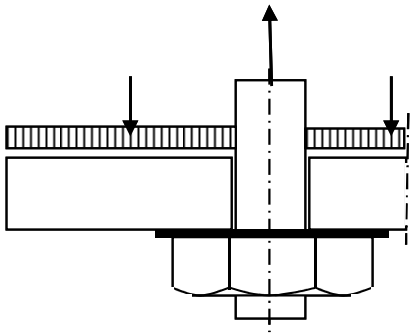


D = 2372 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 640 * $2*\pi*D / n$ = 108391 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 126 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 40 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 92312 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2256 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 126525 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 126525 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2256 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 142000 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 8198 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 126525 / 142000,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 316,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2256 / 8198 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 56,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (316,0^2 + 3*56,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 331 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage M, M1 en M2

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70078	137223	17046	70078	-137223
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69192	136508	17045	69192	-136508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68068	135679	17045	68068	-135679
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9732	18523	2226	9732	-18523
	Comp. gl	4617	18574	36939	4617	18574	-36939
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72927	153781	17036	72927	-153781
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72817	153783	17036	72817	-153783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72673	153791	17036	72673	-153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9502	19907	2225	9502	-19907
	Comp. gl	4615	19311	40833	4615	19311	-40833
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104175	216107	29376	104175	-216107
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103850	216072	29376	103850	-216072
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103426	216048	29376	103426	-216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26747	54947	9244	26747	-54947
	Comp. gl	18676	53042	110780	18676	53042	-110780
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73717	155475	20053	73717	-155475
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73611	155485	20053	73611	-155485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73472	155503	20053	73472	-155503
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10778	22643	2978	10778	-22643
	Comp. gl	6122	21940	46471	6122	21940	-46471
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	66910	134937	17057	127805	-209473
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66421	134664	17055	120404	-199472
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65796	134360	17053	110638	-186355
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9067	17908	2228	21053	-33538
	Comp. gl	4617	17921	36536	4619	30889	-51929
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72519	153807	17037	79373	-157310

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72451	153817	17036	78483	-156573
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72362	153833	17036	77356	-155718
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902	2225	10835	-20916
	Comp. gl	4615	19222	40844	4615	20654	-41434
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	102975	216051	29380	124148	-230156
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102778	216062	29380	121371	-227477
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102520	216087	29379	117843	-224280
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26364	54957	9246	32831	-58473
	Comp. gl	18676	52601	110859	18678	59452	-112815
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73322	155530	20053	79643	-157881
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73257	155544	20053	78842	-157337
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73170	155565	20053	77823	-156715
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10705	22649	2978	11912	-23225
	Comp. gl	6122	21855	46489	6122	23133	-46748
1a	380C1F1 / 380C2F1	17055	122112	201776	17055	122112	-201776
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17054	115266	192555	17054	115266	-192555
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17052	106263	180528	17052	106263	-180528
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	19999	32087	2228	19999	-32087
	Comp. gl	4619	29627	50223	4619	29627	-50223
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	78686	156737	17036	78686	-156737
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77884	156106	17036	77884	-156106
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76866	155378	17036	76866	-155378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10689	20765	2225	10689	-20765
	Comp. gl	4615	20513	41330	4615	20513	-41330
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	122004	228076	29380	122004	-228076
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	119496	225746	29379	119496	-225746
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29378	116311	222979	29378	116311	-222979
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32192	57937	9246	32192	-57937
	Comp. gl	18678	58797	112434	18678	58797	-112434
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79025	157457	20053	79025	-157457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78301	156996	20053	78301	-156996
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77379	156472	20053	77379	-156472

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11792	23129	2978	11792	-23129
	Comp. gl	6122	23012	46688	6122	23012	-46688
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	127805	209473	17045	66910	-134937
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	120404	199472	17045	66421	-134664
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	110638	186355	17045	65796	-134360
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21053	33538	2226	9067	-17908
	Comp. gl	4619	30889	51929	4617	17921	-36536
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79373	157310	17036	72519	-153807
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78483	156573	17036	72451	-153817
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77356	155718	17036	72362	-153833
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10835	20916	2225	9424	-19902
	Comp. gl	4615	20654	41434	4615	19222	-40844
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	124148	230156	29376	102975	-216051
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	121371	227477	29376	102778	-216062
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	117843	224280	29376	102520	-216087
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9246	32831	58473	9244	26364	-54957
0	Comp. gl	18678	59452	112815	18676	52601	-110859
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79643	157881	20053	73322	-155530
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78842	157337	20053	73257	-155544
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77823	156715	20053	73170	-155565
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11912	23225	2978	10705	-22649
	Comp. gl	6122	23133	46748	6122	21855	-46489
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58036	111402	12782	58036	-111402
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	56984	110332	12781	56984	-110332
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	55657	109066	12781	55657	-109066
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8214	15270	1669	8214	-15270
	Comp. gl	3462	15152	29601	3462	15152	-29601
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59216	124380	12774	59216	-124380
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59098	124362	12774	59098	-124362
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58944	124348	12774	58944	-124348
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7655	15947	1668	7655	-15947
	Comp. gl	3461	15510	32684	3461	15510	-32684

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93070	192294	25109	93070	-192294
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92728	192224	25109	92728	-192224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92286	192159	25109	92286	-192159
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25616	52520	8685	25616	-52520
	Comp. gl	17518	50691	105739	17518	50691	-105739
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61202	128636	15788	61202	-128636
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61090	128635	15788	61090	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60945	128639	15788	60945	-128639
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9156	19166	2421	9156	-19166
	Comp. gl	4966	18589	39287	4966	18589	-39287
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54301	107898	12791	122732	-198598
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53733	107456	12790	114837	-187539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53013	106947	12788	104296	-172759
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7425	14386	1671	20561	-32483
	Comp. gl	3462	14389	28964	3464	29178	-48261
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58779	124344	12775	66727	-130192
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58708	124346	12775	65660	-129077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58615	124352	12774	64315	-127754
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7570	15926	1669	9233	-17482
	Comp. gl	3461	15417	32683	3461	17055	-33716
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91816	192123	25113	114791	-210096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91613	192119	25113	111750	-206850
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91346	192127	25112	107883	-202926
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25227	52518	8688	31879	-56433
	Comp. gl	17518	50246	105808	17520	57260	-108116
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60789	128653	15789	67801	-132489
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60721	128662	15788	66886	-131698

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60632	128677	15788	65727	-130776
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9080	19165	2421	10410	-20003
	Comp. gl	4966	18503	39300	4966	19878	-39768
1a	380C1F1 / 380C2F1	12790	116665	190102	12790	116665	-190102
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12789	109310	179789	12789	109310	-179789
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	99518	166069	12788	99518	-166069
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19466	30945	1671	19466	-30945
	Comp. gl	3464	27805	46318	3464	27805	-46318
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	65902	129326	12775	65902	-129326
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64944	128359	12774	64944	-128359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63734	127218	12774	63734	-127218
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9058	17269	1669	9058	-17269
	Comp. gl	3461	16888	33556	3461	16888	-33556
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	112443	207579	25113	112443	-207579
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	109695	204733	25112	109695	-204733
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25111	106204	201310	25111	106204	-201310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31219	55852	8688	31219	-55852
	Comp. gl	17519	56584	107691	17519	56584	-107691
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67094	131873	15788	67094	-131873
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66269	131195	15788	66269	-131195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65224	130408	15788	65224	-130408
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10274	19874	2421	10274	-19874
	Comp. gl	4966	19744	39681	4966	19744	-39681
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	122732	198598	12781	54301	-107898
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	114837	187539	12781	53733	-107456
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	104296	172759	12781	53013	-106947
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	20561	32483	1669	7425	-14386
	Comp. gl	3464	29178	48261	3462	14389	-28964
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66727	130192	12774	58779	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	65660	129077	12774	58708	-124346
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64315	127754	12774	58615	-124352
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9233	17482	1668	7570	-15926

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	17055	33716	3461	15417	-32683
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	114791	210096	25109	91816	-192123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	111750	206850	25109	91613	-192119
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	107883	202926	25109	91346	-192127
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	31879	56433	8685	25227	-52518
0	Comp. gl	17520	57260	108116	17518	50246	-105808
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	67801	132489	15788	60789	-128653
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66886	131698	15788	60721	-128662
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65727	130776	15788	60632	-128677
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10410	20003	2421	9080	-19165
	Comp. gl	4966	19878	39768	4966	18503	-39300

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65826	134373	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65468	134222	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65008	134058	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8844	17745	0	0	0
	Comp. gl	4617	17694	36441	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72687	153789	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72602	153797	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72491	153811	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9456	19902	0	0	0
	Comp. gl	4615	19259	40838	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77649	160685	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77370	160616	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77009	160547	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14197	28519	0	0	0
	Comp. gl	7762	28023	57724	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71768	151817	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71685	151829	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71576	151849	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10305	21724	0	0	0
	Comp. gl	5821	21035	44648	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	64525	133927	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64318	133886	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64049	133848	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8581	17603	0	0	0
	Comp. gl	4617	17421	36373	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72371	153832	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72318	153843	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72248	153859	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9396	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19190	40851	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76626	160503	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76460	160495	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76244	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13812	28356	0	0	0
	Comp. gl	7762	27612	57660	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71459	151875	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71407	151888	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71338	151907	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10248	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20969	44665	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	87386	156164	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	84318	152421	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17047	80402	147805	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13317	22945	0	0	0
	Comp. gl	4618	22147	40574	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	76963	155444	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76378	155062	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75634	154628	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10325	20417	0	0	0
	Comp. gl	4615	20158	41101	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	93806	174330	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	91497	171816	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	88569	168787	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20529	35156	0	0	0
	Comp. gl	7763	34414	62891	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	75792	152927	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75252	152641	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74561	152323	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11076	22025	0	0	0
	Comp. gl	5821	21862	44754	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	89995	159414	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	86614	155213	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82288	150002	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	13840	23646	0	0	0
	Comp. gl	4618	22694	41227	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77463	155795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76816	155344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75992	154829	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10431	20513	0	0	0
	Comp. gl	4615	20261	41162	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	95780	176549	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	93223	173686	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	89977	170218	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3797	21267	36073	0	0	0
0	Comp. gl	7763	35188	63731	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76252	153193	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75656	152852	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74894	152469	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11166	22089	0	0	0
	Comp. gl	5821	21954	44791	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53046	106969	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52637	106708	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52115	106411	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7162	14138	0	0	0
	Comp. gl	3462	14131	28801	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58958	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58868	124344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58750	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7604	15933	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	15455	32681	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65018	133599	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64711	133470	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64317	133331	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12721	25353	0	0	0
	Comp. gl	6606	24915	51058	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59120	124694	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59033	124698	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58920	124709	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8656	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17632	37349	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51575	106156	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51344	106066	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51048	105969	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6857	13907	0	0	0
	Comp. gl	3462	13826	28664	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58624	124351	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58568	124357	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58496	124367	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7540	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15383	32687	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63903	133220	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63725	133186	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63495	133154	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12307	25129	0	0	0
	Comp. gl	6606	24481	50947	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58799	124726	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58745	124735	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58675	124750	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8597	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17564	37362	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12784	78370	136835	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	74831	132082	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12783	70268	126077	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12330	20830	0	0	0
	Comp. gl	3463	19379	34640	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	63849	127322	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63158	126712	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62284	126000	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8621	16762	0	0	0
	Comp. gl	3461	16469	33190	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	83610	152469	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	80948	149198	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	77559	145178	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19599	33162	0	0	0
	Comp. gl	6607	31902	57505	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	63557	126691	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	62944	126249	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62166	125743	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9505	18656	0	0	0
	Comp. gl	4665	18519	37585	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	81354	140889	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	77482	135636	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72472	128957	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	12908	21647	0	0	0
	Comp. gl	3463	20016	35486	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64442	127875	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63674	127164	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62704	126333	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8747	16904	0	0	0
	Comp. gl	3461	16590	33290	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	85877	155317	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82939	151637	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	79190	147089	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20384	34180	0	0	0
0	Comp. gl	6608	32748	58500	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64081	127095	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63402	126576	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62540	125978	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9607	18745	0	0	0
	Comp. gl	4665	18620	37642	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58692	117160	14202	58692	-117160
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58142	116771	14202	58142	-116771
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57443	116326	14202	57443	-116326
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8001	15595	1855	8001	-15595
	Comp. gl	3847	15612	31551	3847	15612	-31551
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63513	134465	14194	63513	-134465
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63442	134470	14194	63442	-134470
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63349	134480	14194	63349	-134480
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8208	17289	1854	8208	-17289
	Comp. gl	3845	16725	35481	3845	16725	-35481
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84527	176406	22419	84527	-176406
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84313	176388	22419	84313	-176388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84033	176377	22419	84033	-176377
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20615	42601	6530	20615	-42601
	Comp. gl	13213	41028	86007	13213	41028	-86007
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62072	131372	16206	62072	-131372
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62002	131382	16206	62002	-131382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61911	131397	16206	61911	-131397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8886	18744	2356	8886	-18744
	Comp. gl	4850	18157	38551	4850	18157	-38551
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56720	115936	14208	96086	-163003
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56414	115796	14207	91088	-156197
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56020	115643	14206	84571	-147435
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7591	15255	1856	15496	-25493
	Comp. gl	3847	15204	31341	3848	23458	-40767
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63248	134496	14195	67574	-136310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63204	134505	14195	67020	-135903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63145	134517	14195	66317	-135437
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289	1854	9040	-17840
	Comp. gl	3845	16667	35491	3845	17574	-35782

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83735	176385	22421	97648	-185363
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83605	176395	22420	95817	-183619
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83434	176414	22420	93496	-181553
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20357	42602	6531	24772	-45174
	Comp. gl	13213	40733	86056	13214	45371	-87517
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61813	131418	16207	65868	-132646
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61769	131428	16207	65360	-132339
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61712	131443	16206	64713	-131993
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8839	18750	2356	9616	-19075
	Comp. gl	4850	18101	38565	4850	18931	-38691
1a	380C1F1 / 380C2F1	14207	92237	157756	14207	92237	-157756
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	87647	151551	14207	87647	-151551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	81684	143612	14206	81684	-143612
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	14765	24466	1856	14765	-24466
	Comp. gl	3848	22624	39645	3848	22624	-39645
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67146	135993	14195	67146	-135993
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66646	135648	14195	66646	-135648
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	66011	135254	14194	66011	-135254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8949	17754	1854	8949	-17754
	Comp. gl	3845	17486	35726	3845	17486	-35726
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96234	184008	22421	96234	-184008
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	94582	182497	22420	94582	-182497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	92490	180718	22420	92490	-180718
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24331	44784	6531	24331	-44784
	Comp. gl	13214	44924	87242	13214	44924	-87242
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65476	132407	16207	65476	-132407
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65017	132149	16207	65017	-132149
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64430	131860	16206	64430	-131860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9540	19019	2356	9540	-19019
	Comp. gl	4850	18853	38657	4850	18853	-38657
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	96086	163003	14202	56720	-115936
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	91088	156197	14202	56414	-115796

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84571	147435	14202	56020	-115643
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15496	25493	1855	7591	-15255
	Comp. gl	3848	23458	40767	3847	15204	-31341
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67574	136310	14194	63248	-134496
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67020	135903	14194	63204	-134505
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66317	135437	14194	63145	-134517
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9040	17840	1854	8158	-17289
	Comp. gl	3845	17574	35782	3845	16667	-35491
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	97648	185363	22419	83735	-176385
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95817	183619	22419	83605	-176395
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93496	181553	22419	83434	-176414
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24772	45174	6530	20357	-42602
	Comp. gl	13214	45371	87517	13213	40733	-86056
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65868	132646	16206	61813	-131418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65360	132339	16206	61769	-131428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64713	131993	16206	61712	-131443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9616	19075	2356	8839	-18750
	Comp. gl	4850	18931	38691	4850	18101	-38565

VolkerWessels Telecom 1Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+5)"

Mast 4,9 t/rn 11 en 13 t/rn 16

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S400(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,925 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28.5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2S400(+5)”

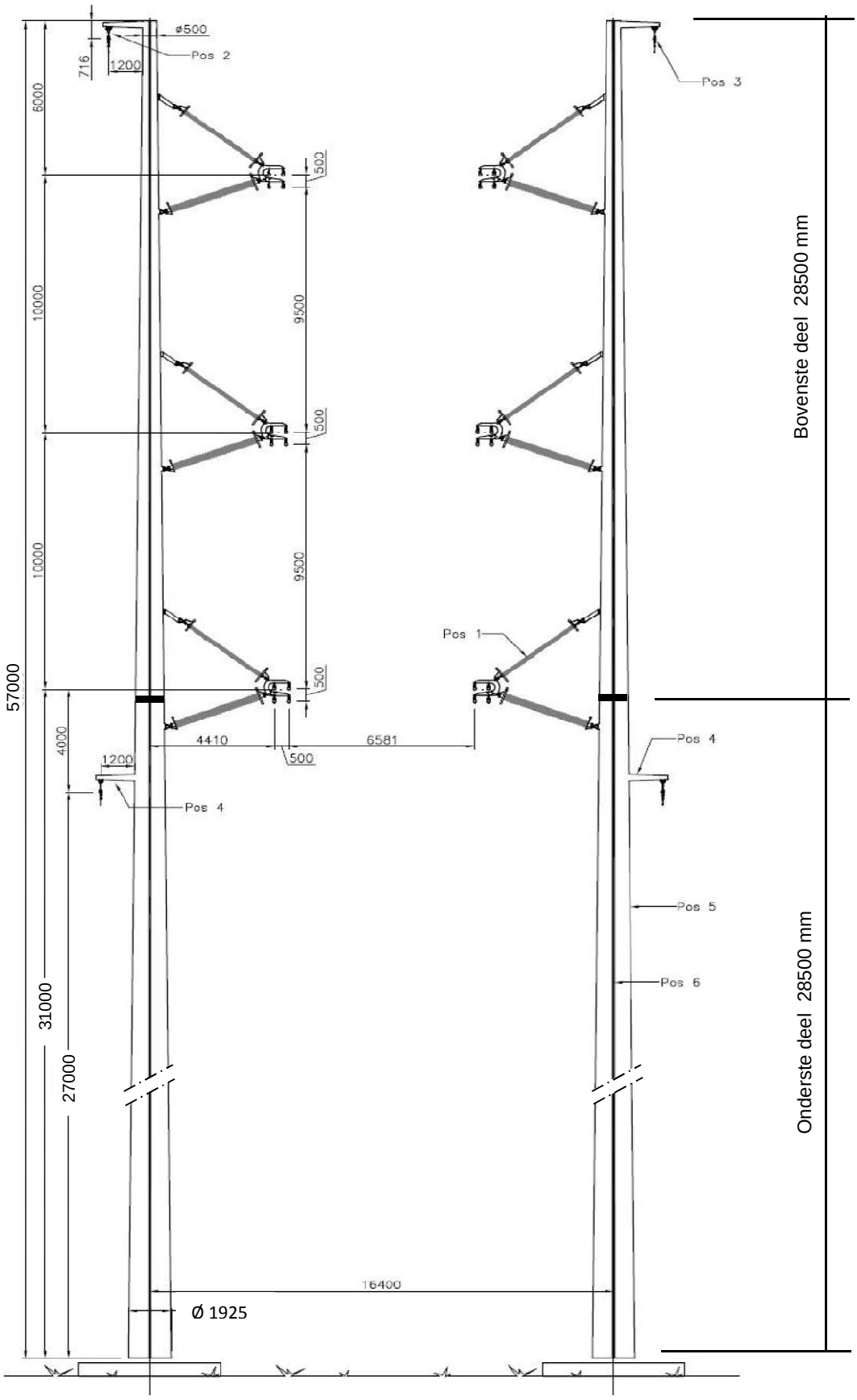
Berekening

W2S400+5

57,0 m - 1925 - 500

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16 (A + B)

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,213

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	518	500	n.v.t.	2	1	56,65
2	2150	571	518	n.v.t.	2	1	55,23
3	1425	607	571	n.v.t.	2	1	53,44
4	1425	643	607	n.v.t.	2	1	52,01
5	300	650	643	n.v.t.	2	1	51,15
6	2550	714	650	n.v.t.	2	1	49,73
7	1425	749	714	n.v.t.	2	1	47,74
8	1425	785	749	n.v.t.	2	1	46,31
9	2850	856	785	n.v.t.	2	1	44,18
10	1750	900	856	n.v.t.	2	1	41,88
11	1100	928	900	n.v.t.	2	1	40,45
12	2850	999	928	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1070	999	n.v.t.	2	1	35,63
14	2850	1141	1070	n.v.t.	2	1	32,78
15	350	1150	1141	n.v.t.	2	1	31,18
16	2500	1213	1150	n.v.t.	2	1	29,75
17	1500	1250	1213	n.v.t.	2	1	27,75
18	1350	1284	1213	n.v.t.	2	1	26,33
19	2850	1355	1284	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	1426	1355	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1498	1426	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1569	1498	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	1640	1569	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	1711	1640	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	1783	1711	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	1854	1783	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	1925	1854	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18727	147,01	5,78E+08	175,68	2,27E+06
2	544	12,0	20070	157,55	7,11E+08	188,27	2,61E+06
3	589	12,0	21755	170,77	9,06E+08	204,07	3,08E+06
4	625	12,0	23098	181,32	1,08E+09	216,66	3,47E+06
5	646	12,0	23911	187,70	1,20E+09	224,28	3,72E+06
6	682	12,0	25254	198,24	1,42E+09	236,87	4,16E+06
7	732	12,0	27127	212,95	1,76E+09	254,44	4,80E+06
8	767	12,0	28470	223,49	2,03E+09	267,03	5,29E+06
9	821	15,0	37964	298,02	3,08E+09	284,88	7,51E+06
10	878	15,0	40674	319,29	3,79E+09	305,21	8,63E+06
11	914	15,0	42353	332,47	4,28E+09	317,80	9,36E+06
12	963	15,0	44679	350,73	5,02E+09	335,25	1,04E+07
13	1034	18,0	57475	451,18	7,42E+09	359,40	1,44E+07
14	1106	18,0	61504	482,80	9,10E+09	384,59	1,65E+07
15	1146	18,0	63766	500,56	1,01E+10	398,73	1,77E+07
16	1181	18,0	65780	516,37	1,11E+10	411,32	1,88E+07
17	1231	20,0	76105	597,42	1,40E+10	428,30	2,27E+07
18	1248	20,0	77165	605,75	1,46E+10	434,27	2,33E+07
19	1319	20,0	81642	640,89	1,72E+10	459,45	2,61E+07
20	1391	22,0	94593	742,55	2,22E+10	483,94	3,19E+07
21	1462	22,0	99517	781,21	2,58E+10	509,13	3,53E+07
22	1533	22,0	104441	819,87	2,98E+10	534,32	3,89E+07
23	1604	22,0	109366	858,52	3,42E+10	559,51	4,27E+07
24	1676	22,0	114290	897,18	3,91E+10	584,70	4,66E+07
25	1747	22,0	119215	935,84	4,43E+10	609,89	5,08E+07
26	1818	22,0	124139	974,49	5,01E+10	635,07	5,51E+07
27	1889	22,0	129064	1013,15	5,63E+10	660,26	5,96E+07

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,78E+08
2	56300	2 -- 3	2	2150	2,01E+04	7,11E+08
3	54150	3 -- 4	3	1425	2,18E+04	9,06E+08
4	52725	4 -- 5	4	1425	2,31E+04	1,08E+09
5	51300	5 -- 6	5	300	2,39E+04	1,20E+09
6	51000	6 -- 7	6	2550	2,53E+04	1,42E+09
7	48450	7 -- 8	7	1425	2,71E+04	1,76E+09
8	47025	8 -- 9	8	1425	2,85E+04	2,03E+09
9	45600	9 -- 10	9	2850	3,80E+04	3,08E+09
10	42750	10 -- 11	10	1750	4,07E+04	3,79E+09
11	41000	11 -- 12	11	1100	4,24E+04	4,28E+09
12	39900	12 -- 13	12	2850	4,47E+04	5,02E+09
13	37050	13 -- 14	13	2850	5,75E+04	7,42E+09
14	34200	14 -- 15	14	2850	6,15E+04	9,10E+09
15	31350	15 -- 16	15	350	6,38E+04	1,01E+10
16	31000	16 -- 17	16	2500	6,58E+04	1,11E+10
17	28500	17 -- 18	17	1500	7,61E+04	1,40E+10
18	27000	18 -- 19	18	1350	7,72E+04	1,46E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	8,16E+04	1,72E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	9,46E+04	2,22E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	9,95E+04	2,58E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,04E+05	2,98E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,09E+05	3,42E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,14E+05	3,91E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,19E+05	4,43E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,24E+05	5,01E+10
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,29E+05	5,63E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,65	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,23	0,21	1,18	31,77	0,18	1417
3	53,44	0,21	1,17	31,59	0,18	1405
4	52,01	0,21	1,16	31,43	0,18	1395
5	51,15	0,21	1,16	31,34	0,18	1389
6	49,73	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
7	47,74	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
8	46,31	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
9	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
10	41,88	0,21	1,12	30,21	0,19	1317
11	40,45	0,21	1,11	30,01	0,19	1305
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	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
15	31,18	0,21	1,06	28,54	0,20	1215
16	29,75	0,21	1,05	28,28	0,20	1199
17	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
18	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1134	300	0,30	0,00	4,10E-02	1349,81
2	2 -- 3	3710	3860	5,29	0,61	4,10E-02	1321,14
3	3 -- 4	2647		9,00	15,98	4,08E-02	1233,16
4	4 -- 5	2798		11,65	30,69	4,07E-02	1175,07
5	5 -- 6	608		14,45	49,29	4,04E-02	1117,27
6	6 -- 7	5438	28404	43,46	53,72	4,04E-02	1105,15
7	7 -- 8	3248		48,90	171,47	3,94E-02	1003,22
8	8 -- 9	3398		52,15	243,47	3,86E-02	947,60
9	9 -- 10	8921		55,55	320,20	3,77E-02	893,22
10	10 -- 11	5850		64,47	491,21	3,59E-02	788,21
11	11 -- 12	3822	28404	98,72	609,15	3,47E-02	726,42
12	12 -- 13	10423		102,54	719,84	3,39E-02	688,70
13	13 -- 14	13286		112,97	1026,94	3,15E-02	595,33
14	14 -- 15	14187		126,25	1367,83	2,93E-02	508,47
15	15 -- 16	1804		140,44	1747,86	2,70E-02	428,04
16	16 -- 17	13284	28404	170,65	1797,33	2,67E-02	418,64
17	17 -- 18	9186	9037	192,97	2240,56	2,46E-02	354,43
18	18 -- 19	8380	7694	209,85	2536,90	2,33E-02	318,47
19	19 -- 20	18693		218,23	2825,85	2,22E-02	287,74
20	20 -- 21	21590		236,92	3474,44	1,97E-02	227,99
21	21 -- 22	22692		258,51	4180,43	1,73E-02	175,13
22	22 -- 23	23794		281,20	4949,53	1,49E-02	129,03
23	23 -- 24	24895		305,00	5784,87	1,25E-02	89,83
24	24 -- 25	25997		329,89	6689,59	1,00E-02	57,63
25	25 -- 26	27099		355,89	7666,83	7,54E-03	32,50
26	26 -- 27	28201		382,99	8719,73	5,04E-03	14,50
27	27 -- 28	29302		411,19	9851,44	2,52E-03	3,66
28			30510	471,00	11065,08	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,4	30,0	1,350	1882,97	256,918
2	2 -- 3	371,0	386,0	1,321	9650,64	1278,838
3	3 -- 4	264,7		1,233	3127,08	383,829
4	4 -- 5	279,8		1,175	3145,51	367,510
5	5 -- 6	60,8		1,117	662,88	75,087
6	6 -- 7	543,8	2840,4	1,105	36417,59	4073,421
7	7 -- 8	324,8		1,003	3108,15	309,043
8	8 -- 9	339,8		0,948	3068,54	287,901
9	9 -- 10	892,1		0,893	7357,55	630,540
10	10 -- 11	585,0		0,788	4346,18	335,518
11	11 -- 12	382,2	2840,4	0,726	22894,27	1690,199
12	12 -- 13	1042,3		0,689	6564,85	429,638
13	13 -- 14	1328,6		0,595	7193,24	404,685
14	14 -- 15	1418,7		0,508	6517,12	311,078
15	15 -- 16	180,4		0,428	749,38	32,339
16	16 -- 17	1328,4	2840,4	0,419	16702,27	696,274
17	17 -- 18	918,6	903,7	0,354	6173,96	217,503
18	18 -- 19	838,0	769,4	0,318	4895,59	155,028
19	19 -- 20	1869,3		0,288	4728,72	124,300
20	20 -- 21	2159,0		0,228	4269,08	87,715
21	21 -- 22	2269,2		0,175	3385,38	52,482
22	22 -- 23	2379,4		0,129	2554,19	28,491
23	23 -- 24	2489,5		0,090	1800,58	13,532
24	24 -- 25	2599,7		0,058	1149,31	5,280
25	25 -- 26	2709,9		0,033	624,81	1,497
26	26 -- 27	2820,1		0,015	251,27	0,233
27	27 -- 28	2930,2		0,004	52,63	0,010
28			3051,0	0,000	0,00	0,000
				Som	163274	12249

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

$n_{1,x}$	=	0,58	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,58	Hz
b =	1,21	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,080	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,092	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,48	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,28	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,11	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,21	
R^2 =	1,13	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,49	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,55

$c_s c_d$ = **1,17**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,83	0,64
2	31,8	1,15E+06	0,77	0,83	0,64
3	31,6	1,24E+06	0,77	0,83	0,64
4	31,4	1,31E+06	0,77	0,83	0,64
5	31,3	1,35E+06	0,77	0,83	0,64
6	31,2	1,42E+06	0,77	0,83	0,64
7	30,9	1,51E+06	0,77	0,83	0,64
8	30,8	1,57E+06	0,77	0,83	0,64
9	30,5	1,67E+06	0,77	0,83	0,64
10	30,2	1,77E+06	0,77	0,83	0,64
11	30,0	1,83E+06	0,77	0,83	0,64
12	29,7	1,91E+06	0,77	0,83	0,63
13	29,3	2,02E+06	0,76	0,83	0,63
14	28,8	2,12E+06	0,76	0,83	0,63
15	28,5	2,18E+06	0,76	0,83	0,63
16	28,3	2,23E+06	0,76	0,83	0,63
17	27,9	2,29E+06	0,76	0,83	0,63
18	27,6	2,30E+06	0,76	0,83	0,63
19	27,1	2,39E+06	0,76	0,83	0,63
20	26,4	2,45E+06	0,76	0,83	0,63
21	25,6	2,49E+06	0,76	0,83	0,63
22	24,7	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
23	23,5	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
24	22,1	2,47E+06	0,75	0,83	0,62
25	20,2	2,35E+06	0,74	0,83	0,61
26	17,3	2,10E+06	0,73	0,83	0,60
27	16,9	2,13E+06	0,73	0,83	0,60

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - Q en Q2		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	51,00	4,410
2e traverse - 380C1F2	41,00	4,410
3e traverse - 380C1F3	31,00	4,410
Passieve run	27,00	1,825

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1029	105	1134	0,228	0,084	520	0,742
2	3387	323	3710	0,749	0,258	1665	0,775
3	2434	214	2647	0,537	0,171	1161	0,814
4	2584	214	2798	0,569	0,171	1205	0,845
5	563	45	608	0,124	0,036	259	0,864
6	5055	383	5438	1,110	0,306	2278	0,894
7	3034	214	3248	0,665	0,171	1331	0,934
8	3185	214	3398	0,696	0,171	1370	0,962
9	8494	428	8921	1,488	0,342	2856	1,002
10	5588	263	5850	0,977	0,210	1825	1,043
11	3657	165	3822	0,638	0,132	1174	1,067
12	9996	428	10423	1,742	0,342	3133	1,099
13	12859	428	13286	1,868	0,342	3253	1,141
14	13760	428	14187	1,993	0,342	3359	1,179
15	1752	53	1804	0,253	0,042	419	1,197
16	12909	375	13284	1,865	0,300	3030	1,212
17	8961	225	9186	1,165	0,180	1845	1,230
18	8178	203	8380	1,061	0,162	1654	1,225
19	18265	428	18693	2,365	0,342	3571	1,253
20	21163	428	21590	2,487	0,342	3596	1,262
21	22264	428	22692	2,607	0,342	3589	1,259
22	23366	428	23794	2,725	0,342	3543	1,243
23	24468	428	24895	2,839	0,342	3444	1,209
24	25570	428	25997	2,949	0,342	3272	1,148
25	26671	428	27099	3,049	0,342	2986	1,048
26	27773	428	28201	3,126	0,342	2492	0,874
27	28875	428	29302	3,242	0,342	2502	0,878
	325839	8550	334389	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	61334

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1944	360	360	360	360
2	2 -- 3	2071	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2229				
4	4 -- 5	2356				
5	5 -- 6	2432				
6	6 -- 7	2559	34090	34072	58752	40106
7	7 -- 8	2735				
8	8 -- 9	2862				
9	9 -- 10	3756				
10	10 -- 11	4011				
11	11 -- 12	4170	34090	34072	58752	40106
12	12 -- 13	4389				
13	13 -- 14	5594				
14	14 -- 15	5974				
15	15 -- 16	6187				
16	16 -- 17	6376	34090	34072	58752	40106
17	17 -- 18	7349	10844	10844	10844	10844
18	18 -- 19	7449	9234	9230	37352	12244
19	19 -- 20	7871				
20	20 -- 21	9091				
21	21 -- 22	9555				
22	22 -- 23	10018				
23	23 -- 24	10482				
24	24 -- 25	10946				
25	25 -- 26	11410				
26	26 -- 27	11874				
27	27 -- 28	12338				
28			36612	36612	36612	36612

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	742				
2	2 -- 3	775	10176	3240	12168	3354
3	3 -- 4	814				
4	4 -- 5	845				
5	5 -- 6	864				
6	6 -- 7	894	60112	21836	42312	21468
7	7 -- 8	934				
8	8 -- 9	962				
9	9 -- 10	1002				
10	10 -- 11	1043				
11	11 -- 12	1067	55920	21088	40160	20732
12	12 -- 13	1099				
13	13 -- 14	1141				
14	14 -- 15	1179				
15	15 -- 16	1197				
16	16 -- 17	1212	50600	20146	37446	19802
17	17 -- 18	1230				
18	18 -- 19	1225	14532	5508	19008	5780
19	19 -- 20	1253				
20	20 -- 21	1262				
21	21 -- 22	1259				
22	22 -- 23	1243				
23	23 -- 24	1209				
24	24 -- 25	1148				
25	25 -- 26	1048				
26	26 -- 27	874				
27	27 -- 28	878				
28						

KEMA rapport - bijlage Q2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1187				
2	2 -- 3	1239	14796	4302	17356	4514
3	3 -- 4	1303				
4	4 -- 5	1353				
5	5 -- 6	1382				
6	6 -- 7	1430	86756	28240	58878	28266
7	7 -- 8	1494				
8	8 -- 9	1539				
9	9 -- 10	1603				
10	10 -- 11	1669				
11	11 -- 12	1708	80508	27106	55648	27152
12	12 -- 13	1759				
13	13 -- 14	1826				
14	14 -- 15	1886				
15	15 -- 16	1915				
16	16 -- 17	1939	72560	25676	51566	25746
17	17 -- 18	1968				
18	18 -- 19	1960	20912	7092	26732	7588
19	19 -- 20	2005				
20	20 -- 21	2019				
21	21 -- 22	2015				
22	22 -- 23	1989				
23	23 -- 24	1934				
24	24 -- 25	1837				
25	25 -- 26	1677				
26	26 -- 27	1399				
27	27 -- 28	1405				
28						

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	520		0	0,00E+00	6,94E-03	223
2	2 -- 3	1665		520	2,07E+05	6,94E-03	218
3	3 -- 4	1161		2185	3,24E+06	6,92E-03	203
4	4 -- 5	1205		3345	7,30E+06	6,88E-03	193
5	5 -- 6	259		4550	1,31E+07	6,82E-03	184
6	6 -- 7	2278		4809	1,45E+07	6,80E-03	182
7	7 -- 8	1331		7088	3,05E+07	6,61E-03	164
8	8 -- 9	1370		8418	4,21E+07	6,47E-03	155
9	9 -- 10	2856		9789	5,55E+07	6,31E-03	146
10	10 -- 11	1825		12645	8,86E+07	6,00E-03	128
11	11 -- 12	1174		14470	1,13E+08	5,78E-03	118
12	12 -- 13	3133		15644	1,30E+08	5,63E-03	112
13	13 -- 14	3253		18777	1,81E+08	5,21E-03	96
14	14 -- 15	3359		22030	2,41E+08	4,83E-03	82
15	15 -- 16	419		25389	3,11E+08	4,42E-03	69
16	16 -- 17	3030		25808	3,20E+08	4,37E-03	67
17	17 -- 18	1845		28838	3,90E+08	3,99E-03	57
18	18 -- 19	1654		30683	4,36E+08	3,78E-03	51
19	19 -- 20	3571		32337	4,79E+08	3,58E-03	46
20	20 -- 21	3596		35908	5,79E+08	3,17E-03	36
21	21 -- 22	3589		39504	6,89E+08	2,78E-03	28
22	22 -- 23	3543		43093	8,08E+08	2,39E-03	20
23	23 -- 24	3444		46636	9,38E+08	1,99E-03	14
24	24 -- 25	3272		50081	1,08E+09	1,59E-03	9
25	25 -- 26	2986		53353	1,23E+09	1,19E-03	5
26	26 -- 27	2492		56340	1,38E+09	7,91E-04	2
27	27 -- 28	2502		58831	1,55E+09	3,94E-04	1
28				61334	1,72E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,32E-02	1309
2	2 -- 3		10176	166285	1,56E+05	4,32E-02	1279
3	3 -- 4			980748	2,28E+07	4,31E-02	1186
4	4 -- 5			1675879	3,80E+07	4,29E-02	1124
5	5 -- 6			2532829	5,34E+07	4,26E-02	1064
6	6 -- 7		60112	3133326	5,70E+07	4,25E-02	1051
7	7 -- 8			8236639	2,41E+08	4,12E-02	944
8	8 -- 9			11184449	3,44E+08	4,01E-02	886
9	9 -- 10			14229995	4,48E+08	3,88E-02	829
10	10 -- 11			20974087	6,55E+08	3,64E-02	722
11	11 -- 12		55920	27027538	7,84E+08	3,48E-02	660
12	12 -- 13			30799115	9,26E+08	3,38E-02	622
13	13 -- 14			40954995	1,30E+09	3,08E-02	530
14	14 -- 15			51300966	1,67E+09	2,81E-02	446
15	15 -- 16			61744580	2,04E+09	2,53E-02	370
16	16 -- 17		50600	63261200	2,08E+09	2,50E-02	361
17	17 -- 18			74464051	2,54E+09	2,25E-02	301
18	18 -- 19		14532	81193499	2,81E+09	2,12E-02	268
19	19 -- 20			87096466	3,07E+09	1,99E-02	241
20	20 -- 21			99351706	3,63E+09	1,72E-02	188
21	21 -- 22			110914964	4,19E+09	1,48E-02	142
22	22 -- 23			121640101	4,74E+09	1,25E-02	103
23	23 -- 24			131307877	5,30E+09	1,02E-02	71
24	24 -- 25			139701928	5,85E+09	8,00E-03	45
25	25 -- 26			146607895	6,40E+09	5,88E-03	25
26	26 -- 27			151812813	6,95E+09	3,83E-03	11
27	27 -- 28			155104666	7,50E+09	1,88E-03	3
28	28 -- 29			156352940	8,05E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,57E-02	479
2	2 -- 3		3240	3240	5,65E+04	1,57E-02	468
3	3 -- 4			3240	7,32E+06	1,56E-02	435
4	4 -- 5			3240	1,22E+07	1,55E-02	412
5	5 -- 6			3240	1,71E+07	1,55E-02	390
6	6 -- 7		21836	25076	1,83E+07	1,54E-02	386
7	7 -- 8			25076	8,41E+07	1,50E-02	347
8	8 -- 9			25076	1,21E+08	1,46E-02	326
9	9 -- 10			25076	1,58E+08	1,41E-02	305
10	10 -- 11			25076	2,32E+08	1,33E-02	266
11	11 -- 12		21088	46164	2,78E+08	1,27E-02	243
12	12 -- 13			46164	3,30E+08	1,24E-02	229
13	13 -- 14			46164	4,65E+08	1,13E-02	196
14	14 -- 15			46164	6,01E+08	1,03E-02	165
15	15 -- 16			46164	7,36E+08	9,33E-03	137
16	16 -- 17		20146	66310	7,53E+08	9,20E-03	133
17	17 -- 18			66310	9,23E+08	8,31E-03	112
18	18 -- 19		5508	71818	1,02E+09	7,81E-03	99
19	19 -- 20			71818	1,12E+09	7,34E-03	89
20	20 -- 21			71818	1,33E+09	6,37E-03	70
21	21 -- 22			71818	1,54E+09	5,50E-03	53
22	22 -- 23			71818	1,75E+09	4,63E-03	38
23	23 -- 24			71818	1,96E+09	3,79E-03	26
24	24 -- 25			71818	2,17E+09	2,97E-03	17
25	25 -- 26			71818	2,37E+09	2,18E-03	9
26	26 -- 27			71818	2,58E+09	1,42E-03	4
27	27 -- 28			71818	2,79E+09	6,97E-04	1
28				71818	2,99E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,44E-02	1022
2	2 -- 3		12168	12168	1,24E+05	3,44E-02	998
3	3 -- 4			12168	2,69E+07	3,42E-02	924
4	4 -- 5			12168	4,48E+07	3,39E-02	876
5	5 -- 6			12168	6,28E+07	3,36E-02	827
6	6 -- 7		42312	54480	6,69E+07	3,35E-02	817
7	7 -- 8			54480	2,10E+08	3,23E-02	733
8	8 -- 9			54480	2,90E+08	3,14E-02	688
9	9 -- 10			54480	3,70E+08	3,03E-02	644
10	10 -- 11			54480	5,30E+08	2,83E-02	560
11	11 -- 12		40160	94640	6,30E+08	2,70E-02	512
12	12 -- 13			94640	7,37E+08	2,62E-02	483
13	13 -- 14			94640	1,01E+09	2,38E-02	411
14	14 -- 15			94640	1,29E+09	2,17E-02	346
15	15 -- 16			94640	1,57E+09	1,96E-02	287
16	16 -- 17		37446	132086	1,60E+09	1,93E-02	280
17	17 -- 18			132086	1,94E+09	1,74E-02	234
18	18 -- 19		19008	151094	2,15E+09	1,64E-02	209
19	19 -- 20			151094	2,36E+09	1,54E-02	187
20	20 -- 21			151094	2,80E+09	1,34E-02	146
21	21 -- 22			151094	3,24E+09	1,15E-02	111
22	22 -- 23			151094	3,67E+09	9,72E-03	80
23	23 -- 24			151094	4,11E+09	7,95E-03	55
24	24 -- 25			151094	4,55E+09	6,24E-03	35
25	25 -- 26			151094	4,99E+09	4,58E-03	19
26	26 -- 27			151094	5,42E+09	2,99E-03	8
27	27 -- 28			151094	5,85E+09	1,46E-03	2
28				151094	6,28E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,55E-02	474
2	2 -- 3		3354	3354	5,61E+04	1,55E-02	463
3	3 -- 4			3354	7,56E+06	1,55E-02	430
4	4 -- 5			3354	1,26E+07	1,54E-02	408
5	5 -- 6			3354	1,77E+07	1,53E-02	386
6	6 -- 7		21468	24822	1,89E+07	1,53E-02	382
7	7 -- 8			24822	8,40E+07	1,49E-02	343
8	8 -- 9			24822	1,20E+08	1,45E-02	322
9	9 -- 10			24822	1,57E+08	1,40E-02	302
10	10 -- 11			24822	2,30E+08	1,32E-02	263
11	11 -- 12		20732	45554	2,76E+08	1,26E-02	241
12	12 -- 13			45554	3,27E+08	1,22E-02	227
13	13 -- 14			45554	4,61E+08	1,12E-02	193
14	14 -- 15			45554	5,94E+08	1,02E-02	163
15	15 -- 16			45554	7,28E+08	9,23E-03	135
16	16 -- 17		19802	65356	7,44E+08	9,10E-03	132
17	17 -- 18			65356	9,12E+08	8,22E-03	110
18	18 -- 19		5780	71136	1,01E+09	7,73E-03	98
19	19 -- 20			71136	1,11E+09	7,26E-03	88
20	20 -- 21			71136	1,32E+09	6,31E-03	69
21	21 -- 22			71136	1,52E+09	5,44E-03	52
22	22 -- 23			71136	1,73E+09	4,58E-03	38
23	23 -- 24			71136	1,94E+09	3,75E-03	26
24	24 -- 25			71136	2,14E+09	2,94E-03	16
25	25 -- 26			71136	2,35E+09	2,16E-03	9
26	26 -- 27			71136	2,55E+09	1,41E-03	4
27	27 -- 28			71136	2,76E+09	6,90E-04	1
28				71136	2,96E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,32E-03	155
2	2 -- 3				5,41E+06	7,32E-03	150
3	3 -- 4				5,41E+06	7,24E-03	134
4	4 -- 5				5,41E+06	7,20E-03	124
5	5 -- 6				5,41E+06	7,16E-03	114
6	6 -- 7				1,31E+08	7,16E-03	111
7	7 -- 8				1,31E+08	6,04E-03	95
8	8 -- 9				1,31E+08	5,53E-03	86
9	9 -- 10				1,31E+08	5,10E-03	79
10	10 -- 11				1,31E+08	4,52E-03	65
11	11 -- 12				2,56E+08	4,23E-03	57
12	12 -- 13				2,56E+08	3,92E-03	53
13	13 -- 14				2,56E+08	3,23E-03	43
14	14 -- 15				2,56E+08	2,76E-03	34
15	15 -- 16				2,56E+08	2,38E-03	27
16	16 -- 17				3,81E+08	2,34E-03	26
17	17 -- 18				3,81E+08	1,93E-03	21
18	18 -- 19				3,95E+08	1,73E-03	18
19	19 -- 20				3,95E+08	1,56E-03	16
20	20 -- 21				3,95E+08	1,25E-03	12
21	21 -- 22				3,95E+08	1,01E-03	9
22	22 -- 23				3,95E+08	7,97E-04	6
23	23 -- 24				3,95E+08	6,17E-04	4
24	24 -- 25				3,95E+08	4,61E-04	2
25	25 -- 26				3,95E+08	3,23E-04	1
26	26 -- 27				3,95E+08	2,02E-04	1
27	27 -- 28				3,95E+08	9,53E-05	0
28					3,95E+08	0,00E+00	0

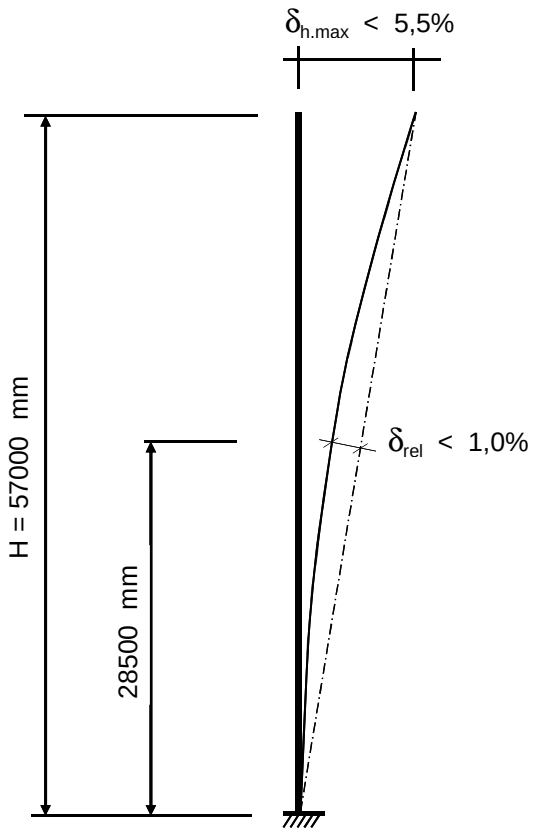
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,7E-02	1687
2	2 -- 3	5,7E-02	1646
3	3 -- 4	5,7E-02	1523
4	4 -- 5	5,7E-02	1442
5	5 -- 6	5,7E-02	1361
6	6 -- 7	5,6E-02	1344
7	7 -- 8	5,4E-02	1203
8	8 -- 9	5,2E-02	1127
9	9 -- 10	5,0E-02	1054
10	10 -- 11	4,7E-02	916
11	11 -- 12	4,5E-02	835
12	12 -- 13	4,3E-02	787
13	13 -- 14	3,9E-02	669
14	14 -- 15	3,6E-02	562
15	15 -- 16	3,2E-02	465
16	16 -- 17	3,2E-02	454
17	17 -- 18	2,8E-02	379
18	18 -- 19	2,7E-02	337
19	19 -- 20	2,5E-02	302
20	20 -- 21	2,2E-02	236
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	129
23	23 -- 24	1,3E-02	89
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,4E-03	31
26	26 -- 27	4,8E-03	14
27	27 -- 28	2,4E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1687 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 379 mm
α = 1,69 graden

δ_{rel} = 464 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,81 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	779	360	0	0,00E+00	1,01E-02	326
2	2 -- 3	2498	6353	779	2,73E+05	1,01E-02	319
3	3 -- 4	1741	10805	3277	4,63E+06	1,01E-02	297
4	4 -- 5	1807	13981	5018	1,05E+07	1,00E-02	283
5	5 -- 6	389	17338	6825	1,90E+07	9,95E-03	269
6	6 -- 7	3418	52158	7214	2,11E+07	9,92E-03	266
7	7 -- 8	1996	58683	10632	4,38E+07	9,65E-03	241
8	8 -- 9	2056	62581	12628	6,04E+07	9,45E-03	227
9	9 -- 10	4284	66659	14683	7,99E+07	9,22E-03	214
10	10 -- 11	2738	77365	18967	1,28E+08	8,76E-03	188
11	11 -- 12	1761	118475	21705	1,63E+08	8,44E-03	173
12	12 -- 13	4699	123061	23466	1,88E+08	8,23E-03	164
13	13 -- 14	4879	135569	28165	2,62E+08	7,62E-03	141
14	14 -- 15	5039	151512	33044	3,49E+08	7,07E-03	120
15	15 -- 16	628	168537	38083	4,50E+08	6,47E-03	101
16	16 -- 17	4545	204793	38712	4,64E+08	6,40E-03	99
17	17 -- 18	2768	231578	43257	5,66E+08	5,85E-03	83
18	18 -- 19	2481	251836	46024	6,33E+08	5,54E-03	75
19	19 -- 20	5357	261892	48505	6,97E+08	5,25E-03	67
20	20 -- 21	5394	284323	53862	8,43E+08	4,64E-03	53
21	21 -- 22	5384	310231	59256	1,00E+09	4,08E-03	41
22	22 -- 23	5315	337462	64640	1,18E+09	3,50E-03	30
23	23 -- 24	5167	366014	69955	1,37E+09	2,92E-03	21
24	24 -- 25	4908	395889	75121	1,58E+09	2,34E-03	13
25	25 -- 26	4480	427085	80030	1,80E+09	1,75E-03	8
26	26 -- 27	3737	459604	84509	2,03E+09	1,17E-03	3
27	27 -- 28	3754	493444	88247	2,28E+09	5,81E-04	1
28			565219	92001	2,54E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,08E-02	1841
2	2 -- 3		14796	14796	0,00E+00	6,08E-02	1799
3	3 -- 4			14796	3,18E+07	6,06E-02	1668
4	4 -- 5			14796	5,29E+07	6,03E-02	1582
5	5 -- 6			14796	7,40E+07	5,99E-02	1496
6	6 -- 7		86756	101552	7,84E+07	5,98E-02	1478
7	7 -- 8			101552	3,37E+08	5,80E-02	1328
8	8 -- 9			101552	4,82E+08	5,64E-02	1246
9	9 -- 10			101552	6,27E+08	5,46E-02	1167
10	10 -- 11			101552	9,16E+08	5,12E-02	1016
11	11 -- 12		80508	182060	1,09E+09	4,89E-02	929
12	12 -- 13			182060	1,29E+09	4,75E-02	876
13	13 -- 14			182060	1,81E+09	4,33E-02	746
14	14 -- 15			182060	2,33E+09	3,95E-02	628
15	15 -- 16			182060	2,85E+09	3,56E-02	520
16	16 -- 17		72560	254620	2,91E+09	3,52E-02	508
17	17 -- 18			254620	3,55E+09	3,17E-02	424
18	18 -- 19		20912	275532	3,93E+09	2,98E-02	378
19	19 -- 20			275532	4,30E+09	2,80E-02	339
20	20 -- 21			275532	5,09E+09	2,43E-02	265
21	21 -- 22			275532	5,88E+09	2,09E-02	200
22	22 -- 23			275532	6,66E+09	1,76E-02	145
23	23 -- 24			275532	7,45E+09	1,44E-02	100
24	24 -- 25			275532	8,23E+09	1,13E-02	63
25	25 -- 26			275532	9,02E+09	8,29E-03	35
26	26 -- 27			275532	9,80E+09	5,41E-03	15
27	27 -- 28			275532	1,06E+10	2,65E-03	4
28				275532	1,14E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,98E-02	604
2	2 -- 3		4302	4302	0,00E+00	1,98E-02	590
3	3 -- 4			4302	9,25E+06	1,97E-02	548
4	4 -- 5			4302	1,54E+07	1,96E-02	520
5	5 -- 6			4302	2,15E+07	1,95E-02	492
6	6 -- 7		28240	32542	2,28E+07	1,95E-02	486
7	7 -- 8			32542	1,06E+08	1,89E-02	437
8	8 -- 9			32542	1,52E+08	1,84E-02	410
9	9 -- 10			32542	1,99E+08	1,78E-02	384
10	10 -- 11			32542	2,91E+08	1,67E-02	335
11	11 -- 12		27106	59648	3,48E+08	1,60E-02	306
12	12 -- 13			59648	4,14E+08	1,56E-02	289
13	13 -- 14			59648	5,84E+08	1,42E-02	246
14	14 -- 15			59648	7,54E+08	1,30E-02	208
15	15 -- 16			59648	9,24E+08	1,17E-02	172
16	16 -- 17		25676	85324	9,45E+08	1,16E-02	168
17	17 -- 18			85324	1,16E+09	1,05E-02	141
18	18 -- 19		7092	92416	1,29E+09	9,84E-03	125
19	19 -- 20			92416	1,41E+09	9,25E-03	112
20	20 -- 21			92416	1,67E+09	8,03E-03	88
21	21 -- 22			92416	1,94E+09	6,93E-03	66
22	22 -- 23			92416	2,20E+09	5,84E-03	48
23	23 -- 24			92416	2,46E+09	4,78E-03	33
24	24 -- 25			92416	2,73E+09	3,75E-03	21
25	25 -- 26			92416	2,99E+09	2,75E-03	12
26	26 -- 27			92416	3,25E+09	1,80E-03	5
27	27 -- 28			92416	3,52E+09	8,80E-04	1
28				92416	3,78E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,68E-02	1391
2	2 -- 3		17356	17356	0,00E+00	4,68E-02	1358
3	3 -- 4			17356	3,73E+07	4,66E-02	1257
4	4 -- 5			17356	6,20E+07	4,62E-02	1191
5	5 -- 6			17356	8,68E+07	4,57E-02	1126
6	6 -- 7		58878	76234	9,20E+07	4,56E-02	1112
7	7 -- 8			76234	2,86E+08	4,40E-02	997
8	8 -- 9			76234	3,95E+08	4,27E-02	936
9	9 -- 10			76234	5,04E+08	4,12E-02	876
10	10 -- 11			76234	7,21E+08	3,85E-02	762
11	11 -- 12		55648	131882	8,54E+08	3,67E-02	696
12	12 -- 13			131882	9,99E+08	3,56E-02	657
13	13 -- 14			131882	1,38E+09	3,24E-02	559
14	14 -- 15			131882	1,75E+09	2,95E-02	471
15	15 -- 16			131882	2,13E+09	2,66E-02	391
16	16 -- 17		51566	183448	2,17E+09	2,63E-02	381
17	17 -- 18			183448	2,63E+09	2,37E-02	319
18	18 -- 19		26732	210180	2,91E+09	2,23E-02	284
19	19 -- 20			210180	3,19E+09	2,10E-02	255
20	20 -- 21			210180	3,79E+09	1,82E-02	199
21	21 -- 22			210180	4,39E+09	1,57E-02	151
22	22 -- 23			210180	4,99E+09	1,32E-02	109
23	23 -- 24			210180	5,59E+09	1,08E-02	75
24	24 -- 25			210180	6,19E+09	8,50E-03	47
25	25 -- 26			210180	6,78E+09	6,25E-03	26
26	26 -- 27			210180	7,38E+09	4,08E-03	12
27	27 -- 28			210180	7,98E+09	2,00E-03	3
28				210180	8,58E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,99E-02	609
2	2 -- 3		4514	4514	0,00E+00	1,99E-02	595
3	3 -- 4			4514	9,71E+06	1,99E-02	552
4	4 -- 5			4514	1,61E+07	1,98E-02	524
5	5 -- 6			4514	2,26E+07	1,96E-02	496
6	6 -- 7		28266	32780	2,39E+07	1,96E-02	490
7	7 -- 8			32780	1,08E+08	1,91E-02	440
8	8 -- 9			32780	1,54E+08	1,85E-02	413
9	9 -- 10			32780	2,01E+08	1,80E-02	387
10	10 -- 11			32780	2,94E+08	1,69E-02	338
11	11 -- 12		27152	59932	3,52E+08	1,62E-02	309
12	12 -- 13			59932	4,18E+08	1,57E-02	291
13	13 -- 14			59932	5,88E+08	1,43E-02	248
14	14 -- 15			59932	7,59E+08	1,31E-02	209
15	15 -- 16			59932	9,30E+08	1,18E-02	174
16	16 -- 17		25746	85678	9,51E+08	1,17E-02	170
17	17 -- 18			85678	1,17E+09	1,05E-02	142
18	18 -- 19		7588	93266	1,29E+09	9,92E-03	126
19	19 -- 20			93266	1,42E+09	9,32E-03	113
20	20 -- 21			93266	1,69E+09	8,09E-03	88
21	21 -- 22			93266	1,95E+09	6,98E-03	67
22	22 -- 23			93266	2,22E+09	5,88E-03	49
23	23 -- 24			93266	2,48E+09	4,81E-03	33
24	24 -- 25			93266	2,75E+09	3,78E-03	21
25	25 -- 26			93266	3,01E+09	2,78E-03	12
26	26 -- 27			93266	3,28E+09	1,81E-03	5
27	27 -- 28			93266	3,55E+09	8,87E-04	1
28				93266	3,81E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,78E-03	186
2	2 -- 3				6,49E+06	8,78E-03	180
3	3 -- 4				6,49E+06	8,69E-03	161
4	4 -- 5				6,49E+06	8,64E-03	149
5	5 -- 6				6,49E+06	8,60E-03	136
6	6 -- 7				1,57E+08	8,59E-03	134
7	7 -- 8				1,57E+08	7,25E-03	114
8	8 -- 9				1,57E+08	6,64E-03	104
9	9 -- 10				1,57E+08	6,12E-03	95
10	10 -- 11				1,57E+08	5,43E-03	78
11	11 -- 12				3,07E+08	5,08E-03	69
12	12 -- 13				3,07E+08	4,70E-03	64
13	13 -- 14				3,07E+08	3,87E-03	51
14	14 -- 15				3,07E+08	3,31E-03	41
15	15 -- 16				3,07E+08	2,85E-03	32
16	16 -- 17				4,58E+08	2,80E-03	31
17	17 -- 18				4,58E+08	2,31E-03	25
18	18 -- 19				4,74E+08	2,08E-03	22
19	19 -- 20				4,74E+08	1,87E-03	19
20	20 -- 21				4,74E+08	1,50E-03	14
21	21 -- 22				4,74E+08	1,21E-03	10
22	22 -- 23				4,74E+08	9,57E-04	7
23	23 -- 24				4,74E+08	7,41E-04	5
24	24 -- 25				4,74E+08	5,53E-04	3
25	25 -- 26				4,74E+08	3,88E-04	2
26	26 -- 27				4,74E+08	2,43E-04	1
27	27 -- 28				4,74E+08	1,14E-04	0
28					4,74E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,35	17,59	27,05
3	3 -- 4	10,80	18,34	65,67
4	4 -- 5	13,98	20,15	92,18
5	5 -- 6	17,34	22,08	119,44
6	6 -- 7	52,16	109,25	384,38
7	7 -- 8	58,68	112,89	585,60
8	8 -- 9	62,58	115,02	703,36
9	9 -- 10	66,66	117,21	868,83
10	10 -- 11	77,36	121,78	1209,40
11	11 -- 12	118,47	205,21	1575,41
12	12 -- 13	123,06	207,09	1802,18
13	13 -- 14	135,57	212,10	2399,53
14	14 -- 15	151,51	217,31	3011,44
15	15 -- 16	168,54	222,68	3638,42
16	16 -- 17	204,79	295,91	3866,82
17	17 -- 18	231,58	300,76	4612,66
18	18 -- 19	251,84	324,62	5082,86
19	19 -- 20	261,89	327,27	5522,89
20	20 -- 21	284,32	332,98	6463,76
21	21 -- 22	310,23	338,74	7420,96
22	22 -- 23	337,46	344,48	8394,55
23	23 -- 24	366,01	350,15	9384,40
24	24 -- 25	395,89	355,66	10390,18
25	25 -- 26	427,09	360,90	11411,28
26	26 -- 27	459,60	365,68	12446,65
27	27 -- 28	493,44	369,66	13494,50
28		565,22	373,67	14553,74

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 8 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 7

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 785	27,05	6,35	40	27,3	835,6	0,03
2	500 / 785	65,67	10,80	123	67,3	1024,9	0,07
3	500 / 785	92,18	13,98	81	94,9	1161,1	0,08
4	500 / 785	119,44	17,34	81	123,6	1305,7	0,10
5	500 / 785	384,38	52,16	17	389,4	1337,2	0,30
6	500 / 785	585,60	58,68	141	598,9	1620,4	0,38
7	500 / 785	703,36	62,58	76	721,4	1790,5	0,41
8	500 / 785	868,83	66,66	73	891,7	1969,1	0,46
9	785 / 999	1209,40	77,36	139	1243,0	2908,9	0,43
10	785 / 999	1575,41	118,47	80	1618,5	3222,0	0,51
11	785 / 999	1802,18	123,06	48	1851,3	3427,0	0,55
12	785 / 999	2399,53	135,57	118	2464,6	3987,6	0,63
13	999 / 1213	3011,44	151,51	107	3092,7	5462,4	0,57
14	999 / 1213	3638,42	168,54	97	3736,0	6233,8	0,61
15	999 / 1213	3866,82	204,79	11	3966,7	6332,0	0,64
16	999 / 1213	4612,66	231,58	75	4730,0	7056,1	0,68
17	1213/ 1355	5082,86	251,84	41	5210,6	8303,6	0,64
18	1213/ 1355	5522,89	261,89	35	5659,8	8769,2	0,65
19	1213/ 1355	6463,76	284,32	67	6619,5	9793,8	0,69
20	1355/ 1925	7420,96	310,23	57	7594,6	11912,0	0,65
21	1355/ 1925	8394,55	337,46	49	8584,7	13161,0	0,66
22	1355/ 1925	9384,40	366,01	41	9589,4	14472,2	0,67
23	1355/ 1925	10390,18	395,89	33	10608,1	15845,8	0,68
24	1355/ 1925	11411,28	427,09	25	11639,9	17281,6	0,68
25	1355/ 1925	12446,65	459,60	17	12683,3	18779,6	0,69
26	1355/ 1925	13494,50	493,44	10	13736,2	20340,0	0,69
27	1355/ 1925	14553,74	565,22	3	14797,4	21962,6	0,69

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,13	0,81	355	355
571	12,0	47,60	0,81	355	355
607	12,0	50,57	0,81	355	355
643	12,0	53,54	0,81	355	355
650	12,0	54,17	0,81	355	355
714	12,0	59,48	0,81	355	355
749	12,0	62,45	0,81	344	355
785	12,0	65,42	0,81	333	355
856	15,0	57,08	0,81	355	355
900	15,0	60,00	0,81	353	355
928	15,0	61,83	0,81	346	355
999	15,0	66,58	0,81	329	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1141	18,0	63,40	0,81	340	355
1150	18,0	63,89	0,81	338	355
1213	18,0	67,36	0,81	326	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1284	20,0	64,19	0,81	337	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1426	22,0	64,83	0,81	335	355
1498	22,0	68,07	0,81	324	355
1569	22,0	71,31	0,81	314	355
1640	22,0	74,55	0,81	305	355
1711	22,0	77,78	0,81	297	355
1783	22,0	81,02	0,81	289	355
1854	22,0	84,26	0,81	282	355
1925	22,0	87,50	0,81	276	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 785	12,02	0,34	355	355	0,03
2	500 / 785	25,74	0,54	355	355	0,07
3	500 / 785	30,86	0,64	355	355	0,09
4	500 / 785	35,60	0,75	355	355	0,10
5	500 / 785	104,61	2,18	355	355	0,30
6	500 / 785	144,10	2,32	355	355	0,41
7	500 / 785	150,25	2,31	355	344	0,43
8	500 / 785	168,49	2,34	355	333	0,48
9	785 / 999	165,53	2,04	355	355	0,47
10	785 / 999	187,56	2,91	355	353	0,54
11	785 / 999	197,73	2,91	355	346	0,57
12	785 / 999	236,34	3,03	355	329	0,67
13	999 / 1213	215,46	2,64	355	355	0,61
14	999 / 1213	227,04	2,74	355	340	0,65
15	999 / 1213	224,13	3,21	355	338	0,64
16	999 / 1213	251,02	3,52	355	326	0,72
17	1213/ 1355	229,77	3,31	355	343	0,66
18	1213/ 1355	242,71	3,39	355	337	0,69
19	1213/ 1355	253,38	3,48	355	325	0,72
20	1355/ 1925	238,36	3,28	355	335	0,68
21	1355/ 1925	243,25	3,39	355	324	0,70
22	1355/ 1925	246,53	3,50	355	314	0,71
23	1355/ 1925	248,55	3,62	355	305	0,71
24	1355/ 1925	249,59	3,74	355	297	0,72
25	1355/ 1925	249,83	3,86	355	289	0,72
26	1355/ 1925	249,40	3,97	355	282	0,72
27	1355/ 1925	248,45	4,38	355	276	0,72

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

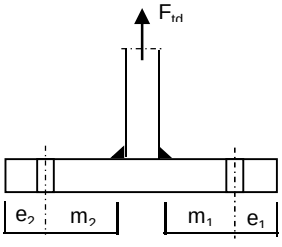
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

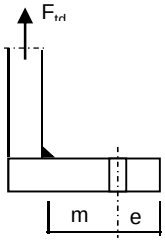
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

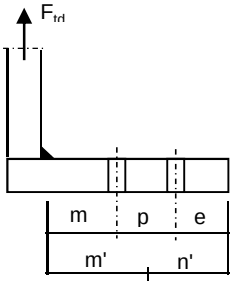
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,4	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1020,00					
1020,00	24	744,05	12,53	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,70

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2085,00	1721,00	73,2	103,0	91,5			193,1
2085,00	1721,00	73,2	105,0	91,5			233,9
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1020,00	1020,0	69,5	60,0	60,0			133,5
1020,00	1020,0	71,5	60,0	60,0			133,5

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	5,82E+07	3180,82	1649,57	1696,90	1649,57	1072,36	0,65
60	7,05E+07	3853,58	1799,07	1696,90	1696,90	1072,36	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
80	7,16E+07	2060,57	1044,32	2121,12	1044,32	744,05	0,71
80	7,16E+07	2002,90	1028,43	2121,12	1028,43	744,05	0,72

Krachten in kN

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1925	0,58	1,213	0,18	3,91

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1350	1,000		1,000			
2	1321	0,979	1 -- 2	0,989	113	416	756,3
3	1233	0,914	2 -- 3	0,946	371		172,6
4	1175	0,871	3 -- 4	0,892	265		185,8
5	1117	0,828	4 -- 5	0,849	280		196,3
6	1105	0,819	5 -- 6	0,823	61	2840	9670,7
7	1003	0,743	6 -- 7	0,781	544		213,2
8	948	0,702	7 -- 8	0,723	325		227,9
9	893	0,662	8 -- 9	0,682	340		238,5
10	788	0,584	9 -- 10	0,623	892		313,0
11	726	0,538	10 -- 11	0,561	585	2840	1957,4
12	689	0,510	11 -- 12	0,524	382		347,5
13	595	0,441	12 -- 13	0,476	1042		365,7
14	508	0,377	13 -- 14	0,409	1329		466,2
15	428	0,317	14 -- 15	0,347	1419		497,8
16	419	0,310	15 -- 16	0,314	180	2840	8631,0
17	354	0,263	16 -- 17	0,286	1328	904	892,8
18	318	0,236	17 -- 18	0,249	919	769	1125,4
19	288	0,213	18 -- 19	0,225	838		620,7
20	228	0,169	19 -- 20	0,191	1869		655,9
21	175	0,130	20 -- 21	0,149	2159		757,6
22	129	0,096	21 -- 22	0,113	2269		796,2
23	90	0,067	22 -- 23	0,081	2379		834,9
24	58	0,043	23 -- 24	0,055	2490		873,5
25	33	0,024	24 -- 25	0,033	2600		912,2
26	15	0,011	25 -- 26	0,017	2710		950,8
27	4	0,003	26 -- 27	0,007	2820		989,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	2930	3051	2098,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1925	570,7	0,030	1,25	1,213	18,6

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 = 18,6

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,64 / (4 * π * 12,00) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,213 * 3,91 / $15*10^{-6}$ = 3,2E+05

C_{lat} = 0,65

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

Lj / b = 6
Lj = 7,28 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,50 / 19,64 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,054 * 0,130 * 0,33 * 0,647918 = 0,046

$y_{F;max}$ = 1,213 * 0,046 = 0,056 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		69114	69114	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			69114	4,84E+07	4,7E-02	967
3	3 -- 4			69114	1,97E+08	4,6E-02	867
4	4 -- 5			69114	2,95E+08	4,4E-02	803
5	5 -- 6			69114	3,94E+08	4,2E-02	742
6	6 -- 7			69114	4,15E+08	4,1E-02	730
7	7 -- 8			69114	5,91E+08	3,7E-02	630
8	8 -- 9			69114	6,89E+08	3,4E-02	579
9	9 -- 10			69114	7,88E+08	3,2E-02	532
10	10 -- 11			69114	9,85E+08	2,8E-02	447
11	11 -- 12			69114	1,11E+09	2,6E-02	400
12	12 -- 13			69114	1,18E+09	2,4E-02	372
13	13 -- 14			69114	1,38E+09	2,1E-02	308
14	14 -- 15			69114	1,58E+09	1,8E-02	253
15	15 -- 16			69114	1,77E+09	1,6E-02	205
16	16 -- 17			69114	1,80E+09	1,5E-02	199
17	17 -- 18			69114	1,97E+09	1,3E-02	163
18	18 -- 19			69114	2,07E+09	1,2E-02	144
19	19 -- 20			69114	2,17E+09	1,1E-02	128
20	20 -- 21			69114	2,36E+09	9,5E-03	99
21	21 -- 22			69114	2,56E+09	8,0E-03	74
22	22 -- 23			69114	2,76E+09	6,6E-03	53
23	23 -- 24			69114	2,95E+09	5,3E-03	36
24	24 -- 25			69114	3,15E+09	4,1E-03	22
25	25 -- 26			69114	3,35E+09	3,0E-03	12
26	26 -- 27			69114	3,55E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			69114	3,74E+09	9,3E-04	1
28	28 -- 29			69114	3,94E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	518	12,0	2353797	21	0,0562	2,3
2	571	12,0	2887106	68	0,0562	7,7
3	607	12,0	3270587	90	0,0562	10,1
4	643	12,0	3677990	107	0,0562	12,0
5	650	12,0	3766807	110	0,0562	12,4
6	714	12,0	4564563	129	0,0562	14,5
7	749	12,0	5043734	137	0,0562	15,4
8	785	12,0	5546827	142	0,0562	16,0
9	856	15,0	8193960	120	0,0562	13,5
10	900	15,0	9075973	122	0,0562	13,7
11	928	15,0	9653464	122	0,0562	13,7
12	999	15,0	11232581	123	0,0562	13,8
13	1070	18,0	15386965	102	0,0562	11,5
14	1141	18,0	17559914	101	0,0562	11,3
15	1150	18,0	17836664	101	0,0562	11,3
16	1213	18,0	19876399	99	0,0562	11,1
17	1250	20,0	23390527	89	0,0562	10,0
18	1284	20,0	24701975	88	0,0562	9,9
19	1355	20,0	27588103	86	0,0562	9,6
20	1426	22,0	33554965	76	0,0562	8,6
21	1498	22,0	37073186	74	0,0562	8,4
22	1569	22,0	40766840	72	0,0562	8,1
23	1640	22,0	44635926	71	0,0562	7,9
24	1711	22,0	48680445	69	0,0562	7,7
25	1783	22,0	52900396	67	0,0562	7,5
26	1854	22,0	57295781	65	0,0562	7,3
27	1925	22,0	61866598	64	0,0562	7,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,58 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,91 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

z_s = 53,3625 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,6 m/s

V_o = 31,6 * 20 / 100 = 6,32 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,89 * [6,93 / 6,30]^2 * \exp[-(6,93 / 6,30)^2]$ = 1,46E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

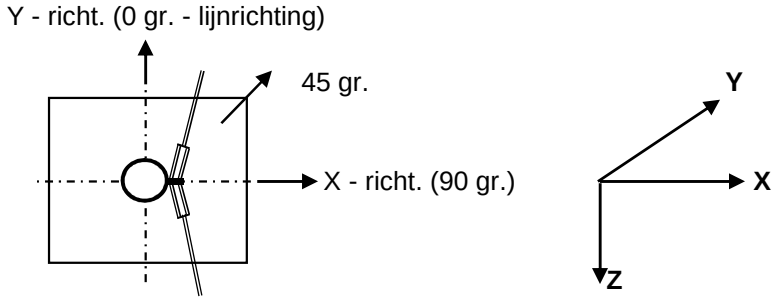
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	9,19	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		12,17					
5	Lasnaad	14,44	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		14,84					
7	Lasnaad	17,45	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		18,42					
9	Lasnaad	19,14	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
10	Lasnaad	16,20	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		16,42					
12	Lasnaad	16,50	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
13	Lasnaad	16,54	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
14	Lasnaad	13,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
15	Lasnaad	13,61	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	13,36	35	19,25	1,000E+10	1,46E+08	0,01
19	Lasnaad	11,82	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
20	Lasnaad	11,55	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
21	Lasnaad	10,28	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
22	Lasnaad	10,02	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
23	Lasnaad	9,77	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
24	Lasnaad	9,52	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
25	Lasnaad	9,27	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
26	Lasnaad	9,03	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
27	Lasnaad	8,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
28	voetplaat	8,58	35	19,25	1,000E+10	1,46E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			449			
2 - Windbelasting mast	98				2707	
3 - Belasting geval 1a	276		116		11847	
4 - Belasting geval 1b	92		116		4255	
5 - Belasting geval 3	210		232		9454	
6 - Belasting geval 4	93		139		4374	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	374		**565**		**14554**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	111		565		4763	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	238		681		10216	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	112		588		4881	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	9979	kNm	14554	kNm	14554	kNm
Dwarskracht	253	kN	374	kN	374	kN
Verticale kracht	471	kN	565	kN	424	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,45	0,63
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	366,16	4,51	28	M 48 - 8,8	848,45	0,43

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 536,2 kN

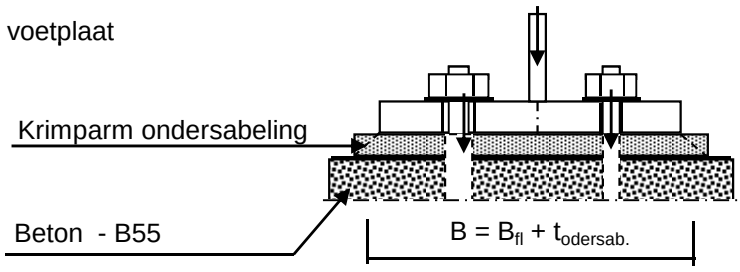
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 366,2 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 556,4 + 1,00 * 366,2 = 922,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

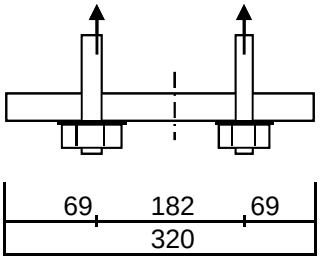
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	1903	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 91812 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

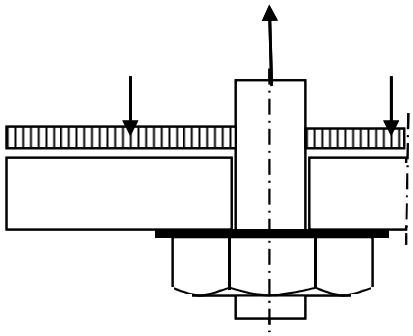


D = 1903 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 320 * $2*\pi*D / n$ = 68325 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 15,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 69 mm
L_{veld} = 182 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 27623 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 37362 / 79875,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 166,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1428 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (166,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 185 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	6513	147783	17045	6513	-147783
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6508	147783	17045	6508	-147783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6502	147783	17045	6502	-147783
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	857	19378	2226	857	-19378
	Comp. gl	4617	1768	40154	4617	1768	-40154
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	169771	17036	7424	-169771
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	169771	17036	7423	-169771
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	7422	169771	17036	7422	-169771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
	Comp. gl	4615	1971	45077	4615	1971	-45077
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	10455	238677	29376	10455	-238677
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10452	238677	29376	10452	-238677
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10449	238677	29376	10449	-238677
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	2664	60775	9244	2664	-60775
	Comp. gl	18676	5363	122498	18676	5363	-122498
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	171693	20053	7508	-171693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171693	20053	7507	-171693
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7506	171693	20053	7506	-171693
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	1094	25008	2978	1094	-25008
	Comp. gl	6122	2243	51307	6122	2243	-51307
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	22543	183132	17051	25846	-195119
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	21159	178348	17050	24178	-188973
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	19411	172571	17049	22068	-181469
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	3719	27068	2227	4308	-29443

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4618	5531	47908	4618	6308	-50647
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10392	171437	17036	10979	-172153
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10146	171172	17036	10683	-171777
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9834	170867	17036	10308	-171344
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1484	22378	2225	1588	-22550
	Comp. gl	4615	2671	45427	4615	2809	-45579
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18822	244963	29378	20489	-247581
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	18123	243983	29377	19647	-246210
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17238	242850	29377	18582	-244618
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5332	62378	9245	5860	-63049
	Comp. gl	18677	8939	123915	18677	9640	-124532
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10461	172975	20053	11041	-173535
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10217	172769	20053	10748	-173241
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9908	172531	20053	10377	-172903
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1611	25273	2978	1713	-25388
	Comp. gl	6122	2938	51534	6122	3074	-51635
1a	380C1F1 / 380C2F1	17059	43378	264457	17059	43378	-264457
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17058	40254	251855	17058	40254	-251855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17056	36280	235871	17056	36280	-235871
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7398	42270	2228	7398	-42270
	Comp. gl	4620	10456	67128	4620	10456	-67128
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	14120	177780	17037	14120	-177780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13553	176563	17037	13553	-176563
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12838	175146	17036	12838	-175146
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2151	23864	2225	2151	-23864
	Comp. gl	4615	3546	46782	4615	3546	-46782
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	29439	267163	29382	29439	-267163
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	27824	263059	29381	27824	-263059
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29380	25783	258193	29380	25783	-258193
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8678	68065	9247	8678	-68065
	Comp. gl	18679	13366	129367	18679	13366	-129367
4	380C1F1 / 380C2F1	20054	14133	177989	20054	14133	-177989

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13576	177019	20053	13576	-177019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12873	175893	20053	12873	-175893
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2257	26289	2978	2257	-26289
	Comp. gl	6122	3794	52450	6122	3794	-52450
1a	380C1F1 / 380C2F1	17051	25846	195119	17049	22543	-183132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	24178	188973	17049	21159	-178348
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17049	22068	181469	17048	19411	-172571
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	4308	29443	2227	3719	-27068
	Comp. gl	4618	6308	50647	4618	5531	-47908
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10979	172153	17036	10392	-171437
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10683	171777	17036	10146	-171172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10308	171344	17036	9834	-170867
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1588	22550	2225	1484	-22378
	Comp. gl	4615	2809	45579	4615	2671	-45427
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20489	247581	29377	18822	-244963
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19647	246210	29377	18123	-243983
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	18582	244618	29377	17238	-242850
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5860	63049	9245	5332	-62378
0	Comp. gl	18677	9640	124532	18677	8939	-123915
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	11041	173535	20053	10461	-172975
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10748	173241	20053	10217	-172769
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10377	172903	20053	9908	-172531
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1713	25388	2978	1611	-25273
	Comp. gl	6122	3074	51635	6122	2938	-51534
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5163	116856	12781	5163	-116856
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5158	116856	12781	5158	-116856
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5152	116856	12781	5152	-116856
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	675	15226	1669	675	-15226
	Comp. gl	3462	1394	31599	3462	1394	-31599
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	137241	12774	6004	-137241
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	137241	12774	6003	-137241
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	6002	137241	12774	6002	-137241

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9299	212205	25109	9299	-212205
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9296	212205	25109	9296	-212205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9293	212206	25109	9293	-212206
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2547	58077	8685	2547	-58077
	Comp. gl	17518	5120	116923	17518	5120	-116923
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6214	142035	15788	6214	-142035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6211	142035	15788	6211	-142035
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	926	21162	2421	926	-21162
	Comp. gl	4966	1897	43378	4966	1897	-43378
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	21663	163009	12786	25064	-177259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	20233	157183	12786	23347	-170010
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	18424	150020	12785	21172	-160994
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	3622	24855	1670	4224	-27536
	Comp. gl	3463	5267	41858	3463	6069	-45189
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9007	139715	12774	9607	-140754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8755	139328	12774	9304	-140209
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8437	138881	12774	8920	-139579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1300	18170	1668	1408	-18414
	Comp. gl	3461	2285	36591	3461	2426	-36811
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17728	219938	25111	19418	-223104
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	17020	218747	25110	18564	-221449
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16124	217365	25110	17485	-219519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5220	59821	8686	5750	-60546
	Comp. gl	17518	8701	118475	17519	9404	-119147

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9188	143816	15788	9776	-144577
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8940	143533	15788	9479	-144177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8627	143207	15788	9103	-143716
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1447	21512	2421	1550	-21660
	Comp. gl	4966	2595	43682	4966	2732	-43815
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	42929	254216	12793	42929	-254216
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39763	240668	12792	39763	-240668
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12791	35728	223269	12791	35728	-223269
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7354	41259	1671	7354	-41259
	Comp. gl	3465	10311	63835	3465	10311	-63835
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12849	148701	12775	12849	-148701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12262	147011	12775	12262	-147011
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12775	11521	145023	12775	11521	-145023
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1991	20212	1669	1991	-20212
	Comp. gl	3461	3185	38518	3461	3185	-38518
3	380C1F1 / 380C2F1	25115	28522	246207	25115	28522	-246207
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26877	241439	25114	26877	-241439
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25113	24801	235739	25113	24801	-235739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8689	8583	65910	8689	8583	-65910
	Comp. gl	17521	13148	124374	17521	13148	-124374
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12933	150536	15789	12933	-150536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12363	149251	15789	12363	-149251
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11643	147752	15788	11643	-147752
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2105	22810	2421	2105	-22810
	Comp. gl	4966	3463	44876	4966	3463	-44876
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	25064	177259	12785	21663	-163009
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23347	170010	12785	20233	-157183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12785	21172	160994	12784	18424	-150020
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4224	27536	1670	3622	-24855
	Comp. gl	3463	6069	45189	3463	5267	-41858
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9607	140754	12774	9007	-139715
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9304	140209	12774	8755	-139328

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8920	139579	12774	8437	-138881
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1408	18414	1668	1300	-18170
	Comp. gl	3461	2426	36811	3461	2285	-36591
3	380C1F1 / 380C2F1	25111	19418	223104	25110	17728	-219938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18564	221449	25110	17020	-218747
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	17485	219519	25110	16124	-217365
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5750	60546	8686	5220	-59821
	Comp. gl	17519	9404	119147	17518	8701	-118475
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9776	144577	15788	9188	-143816
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9479	144177	15788	8940	-143533
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	9103	143716	15788	8627	-143207
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1550	21660	2421	1447	-21512
	Comp. gl	4966	2732	43815	4966	2595	-43682

Appendixe

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8523	194794	22419	8523	-194794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
	Comp. gl	13213	4160	95055	13213	4160	-95055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6341	145038	16206	6341	-145038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	16175	148395	14205	18358	-155965
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15262	145430	14205	17254	-152061
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	14111	141896	14204	15861	-147361
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2622	21312	1855	3013	-22871
	Comp. gl	3848	3998	39053	3848	4509	-40744
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8459	149353	14194	8847	-149759
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8296	149203	14194	8651	-149545
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8089	149031	14194	8403	-149300
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1181	19311	1854	1250	-19409

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	Comp. gl	3845	2177	39356	3845	2268	-39441
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14095	198786	22419	15203	-200465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13630	198160	22419	14643	-199585
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13042	197437	22419	13936	-198566
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3843	48220	6531	4196	-48696
	Comp. gl	13213	6545	96055	13214	7013	-96490
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8304	145779	16206	8688	-146105
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8142	145658	16206	8494	-145934
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7937	145520	16206	8248	-145736
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1249	20855	2356	1316	-20924
	Comp. gl	4850	2322	42686	4850	2412	-42746
1a	380C1F1 / 380C2F1	14210	30056	202579	14210	30056	-202579
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27960	193836	14209	27960	-193836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14208	25300	182892	14208	25300	-182892
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	5088	31783	1856	5088	-31783
	Comp. gl	3849	7266	51574	3849	7266	-51574
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10918	152991	14195	10918	-152991
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10544	152286	14195	10544	-152286
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	10073	151469	14195	10073	-151469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1620	20172	1854	1620	-20172
	Comp. gl	3846	2754	40126	3846	2754	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	22422	21156	213242	22422	21156	-213242
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20080	210534	22421	20080	-210534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22421	18723	207344	22421	18723	-207344
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	6084	52276	6532	6084	-52276
	Comp. gl	13215	9504	99911	13215	9504	-99911
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10734	148732	16207	10734	-148732
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10366	148156	16207	10366	-148156
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9901	147491	16207	9901	-147491
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1677	21471	2356	1677	-21471
	Comp. gl	4850	2890	43235	4850	2890	-43235
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	18358	155965	14204	16175	-148395

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14205	17254	152061	14204	15262	-145430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	15861	147361	14203	14111	-141896
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	3013	22871	1855	2622	-21312
	Comp. gl	3848	4509	40744	3848	3998	-39053
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8847	149759	14194	8459	-149353
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8651	149545	14194	8296	-149203
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8403	149300	14194	8089	-149031
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1250	19409	1854	1181	-19311
	Comp. gl	3845	2268	39441	3845	2177	-39356
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	15203	200465	22419	14095	-198786
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14643	199585	22419	13630	-198160
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13936	198566	22419	13042	-197437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4196	48696	6530	3843	-48220
	Comp. gl	13214	7013	96490	13213	6545	-96055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8688	146105	16206	8304	-145779
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8494	145934	16206	8142	-145658
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8248	145736	16206	7937	-145520
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1316	20924	2356	1249	-20855
	Comp. gl	4850	2412	42746	4850	2322	-42686

VolkerWessels Telecom Netwerk Sotutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E400(+O)"

Mast 5

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2E400(+0)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage L en L2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E400(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,4 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28.5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E400(+0)”

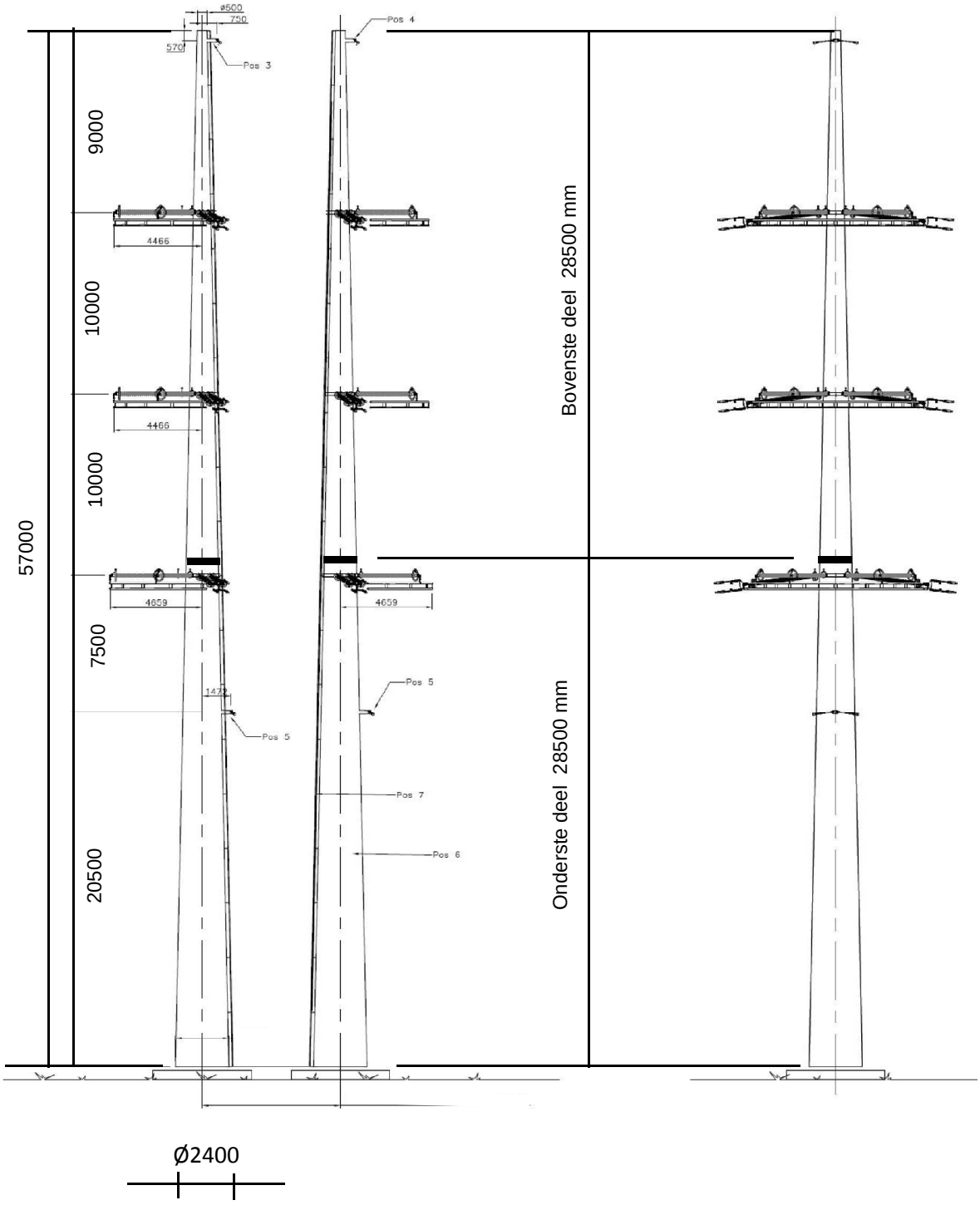
Berekening

W2E400+0

57,0 m - 2400 - 500

Mast 5

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	56,72
2	2280	595	519	n.v.t.	2	1	55,29
3	2850	690	595	n.v.t.	2	1	52,73
4	2850	785	690	n.v.t.	2	1	49,88
5	450	800	785	n.v.t.	2	1	48,23
6	2400	880	800	n.v.t.	2	1	46,80
7	1425	928	880	n.v.t.	2	1	44,89
8	1425	975	928	n.v.t.	2	1	43,46
9	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
10	1900	1133	1070	n.v.t.	2	1	38,95
11	950	1165	1133	n.v.t.	2	1	37,53
12	2850	1260	1165	n.v.t.	2	1	35,63
13	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
14	1425	1403	1355	n.v.t.	2	1	30,64
15	1425	1450	1403	n.v.t.	2	1	29,21
16	500	1467	1450	n.v.t.	2	1	28,25
17	2350	1545	1467	n.v.t.	2	1	26,83
18	2850	1640	1467	n.v.t.	2	1	24,23
19	2300	1717	1640	n.v.t.	2	1	21,65
20	550	1735	1717	n.v.t.	2	1	20,23
21	2850	1830	1735	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1925	1830	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2020	1925	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2115	2020	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2210	2115	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2305	2210	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2305	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	557	18,0	30480	239,27	1,11E+09	190,67	3,98E+06
3	643	18,0	35315	277,22	1,72E+09	220,89	5,36E+06
4	738	18,0	40687	319,39	2,63E+09	254,46	7,14E+06
5	793	20,0	48538	381,02	3,62E+09	273,21	9,14E+06
6	840	20,0	51522	404,45	4,33E+09	290,00	1,03E+07
7	904	20,0	55528	435,89	5,42E+09	312,53	1,20E+07
8	951	20,0	58512	459,32	6,35E+09	329,32	1,33E+07
9	1023	20,0	62989	494,46	7,92E+09	354,51	1,55E+07
10	1102	22,0	74621	585,78	1,09E+10	381,80	1,97E+07
11	1149	22,0	77904	611,55	1,24E+10	398,59	2,15E+07
12	1213	22,0	82281	645,91	1,46E+10	420,98	2,41E+07
13	1308	22,0	88847	697,45	1,84E+10	454,56	2,81E+07
14	1379	25,0	106323	834,64	2,44E+10	478,70	3,53E+07
15	1426	25,0	110054	863,92	2,70E+10	495,50	3,79E+07
16	1458	25,0	112574	883,70	2,89E+10	506,84	3,97E+07
17	1506	25,0	116304	912,99	3,19E+10	523,63	4,24E+07
18	1553	28,0	134175	1053,28	3,90E+10	539,38	5,03E+07
19	1678	28,0	145171	1139,59	4,94E+10	583,56	5,89E+07
20	1726	28,0	149349	1172,39	5,38E+10	600,36	6,24E+07
21	1783	28,0	154334	1211,52	5,94E+10	620,39	6,66E+07
22	1878	30,0	174123	1366,86	7,43E+10	653,28	7,92E+07
23	1973	30,0	183076	1437,15	8,64E+10	686,86	8,76E+07
24	2068	30,0	192030	1507,43	9,97E+10	720,44	9,64E+07
25	2163	30,0	200983	1577,72	1,14E+11	754,03	1,06E+08
26	2258	30,0	209937	1648,00	1,30E+11	787,61	1,15E+08
27	2353	30,0	218890	1718,29	1,48E+11	821,20	1,25E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	3,05E+04	1,11E+09
3	54150	3 -- 4	3	2850	3,53E+04	1,72E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	4,07E+04	2,63E+09
5	48450	5 -- 6	5	450	4,85E+04	3,62E+09
6	48000	6 -- 7	6	2400	5,15E+04	4,33E+09
7	45600	7 -- 8	7	1425	5,55E+04	5,42E+09
8	44175	8 -- 9	8	1425	5,85E+04	6,35E+09
9	42750	9 -- 10	9	2850	6,30E+04	7,92E+09
10	39900	10 -- 11	10	1900	7,46E+04	1,09E+10
11	38000	11 -- 12	11	950	7,79E+04	1,24E+10
12	37050	12 -- 13	12	2850	8,23E+04	1,46E+10
13	34200	13 -- 14	13	2850	8,88E+04	1,84E+10
14	31350	14 -- 15	14	1425	1,06E+05	2,44E+10
15	29925	15 -- 16	15	1425	1,10E+05	2,70E+10
16	28500	16 -- 17	16	500	1,13E+05	2,89E+10
17	28000	17 -- 18	17	2350	1,16E+05	3,19E+10
18	25650	18 -- 19	18	2850	1,34E+05	3,90E+10
19	22800	19 -- 20	19	2300	1,45E+05	4,94E+10
20	20500	20 -- 21	20	550	1,49E+05	5,38E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	1,54E+05	5,94E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,74E+05	7,43E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,83E+05	8,64E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,92E+05	9,97E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,01E+05	1,14E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,10E+05	1,30E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,19E+05	1,48E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,72	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,29	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
3	52,73	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
4	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
5	48,23	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
6	46,80	0,21	1,14	30,84	0,18	1357
7	44,89	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
8	43,46	0,21	1,13	30,42	0,19	1331
9	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
10	38,95	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
11	37,53	0,21	1,10	29,59	0,19	1279
12	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
13	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
14	30,64	0,21	1,05	28,44	0,20	1209
15	29,21	0,21	1,04	28,17	0,20	1193
16	28,25	0,21	1,04	27,98	0,20	1182
17	26,83	0,21	1,03	27,69	0,20	1164
18	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
19	21,65	0,21	0,98	26,48	0,21	1093
20	20,23	0,21	0,97	26,10	0,22	1071
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	300	0,30	0,00	1,79E-02	594,52
2	2 -- 3	5797	2005	3,63	0,55	1,79E-02	584,31
3	3 -- 4	8328		9,43	15,44	1,78E-02	543,51
4	4 -- 5	9530		17,76	54,19	1,76E-02	492,95
5	5 -- 6	1782		27,29	118,39	1,72E-02	443,36
6	6 -- 7	10067	15500	44,57	131,07	1,71E-02	435,66
7	7 -- 8	6425		54,64	250,12	1,66E-02	395,20
8	8 -- 9	6759		61,06	332,56	1,62E-02	371,82
9	9 -- 10	14520		67,82	424,39	1,58E-02	348,98
10	10 -- 11	11415		82,34	638,38	1,49E-02	305,11
11	11 -- 12	5952	15961	109,72	805,67	1,43E-02	277,33
12	12 -- 13	18836		115,67	912,73	1,40E-02	263,88
13	13 -- 14	20305		134,51	1269,23	1,30E-02	225,34
14	14 -- 15	12107		154,81	1681,51	1,19E-02	189,81
15	15 -- 16	12525		166,92	1910,74	1,14E-02	173,20
16	16 -- 17	4494	15261	194,70	2157,53	1,09E-02	157,31
17	17 -- 18	21808	16421	215,62	2256,00	1,07E-02	151,91
18	18 -- 19	30446		237,43	2788,33	9,82E-03	127,75
19	19 -- 20	26556		267,87	3508,38	8,73E-03	101,25
20	20 -- 21	6531	3847	298,27	4155,02	7,88E-03	82,12
21	21 -- 22	34956		304,80	4320,87	7,68E-03	77,84
22	22 -- 23	39383		339,76	5239,37	6,59E-03	57,46
23	23 -- 24	41386		379,14	6263,81	5,54E-03	40,13
24	24 -- 25	43389		420,53	7403,35	4,47E-03	25,83
25	25 -- 26	45393		463,92	8663,69	3,37E-03	14,62
26	26 -- 27	47396		509,31	10050,54	2,26E-03	6,55
27	27 -- 28	49399		556,71	11569,62	1,14E-03	1,66
28			49096	655,20	13226,63	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	30,0	0,595	943,48	56,778
2	2 -- 3	579,7	200,5	0,584	4356,26	252,801
3	3 -- 4	832,8		0,544	4233,96	223,666
4	4 -- 5	953,0		0,493	4376,82	208,872
5	5 -- 6	178,2		0,443	768,37	34,425
6	6 -- 7	1006,7	1550,0	0,436	10727,10	467,928
7	7 -- 8	642,5		0,395	2417,31	94,502
8	8 -- 9	675,9		0,372	2389,68	87,792
9	9 -- 10	1452,0		0,349	4658,36	155,300
10	10 -- 11	1141,5		0,305	3261,01	96,805
11	11 -- 12	595,2	1596,1	0,277	5922,22	166,336
12	12 -- 13	1883,6		0,264	4519,90	112,702
13	13 -- 14	2030,5		0,225	4134,73	87,490
14	14 -- 15	1210,7		0,190	2155,79	39,887
15	15 -- 16	1252,5		0,173	2030,46	34,205
16	16 -- 17	449,4	1526,1	0,157	3036,63	48,508
17	17 -- 18	2180,8	1642,1	0,152	5438,67	80,537
18	18 -- 19	3044,6		0,128	3419,89	39,917
19	19 -- 20	2655,6		0,101	2388,47	22,323
20	20 -- 21	653,1	384,7	0,082	822,27	6,771
21	21 -- 22	3495,6		0,078	2319,75	15,996
22	22 -- 23	3938,3		0,057	1885,23	9,377
23	23 -- 24	4138,6		0,040	1339,13	4,503
24	24 -- 25	4338,9		0,026	860,94	1,775
25	25 -- 26	4539,3		0,015	471,25	0,508
26	26 -- 27	4739,6		0,007	190,74	0,080
27	27 -- 28	4939,9		0,002	40,20	0,003
28			4909,6	0,000	0,00	0,000
				Som	79109	2350

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

$n_{1,x}$	=	0,92	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	638	0,991	0,570	0,56	357,19	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,57	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,81	2,48
4 -- 5	334	0,787	2,850	1,77	590,95	2,24
5 -- 6	3841	0,739	0,450	0,25	944,53	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,54	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,37	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,39	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,38	1,57
10 -- 11	1441	0,490	1,900	0,46	656,85	0,93
11 -- 12	627	0,455	0,950	0,20	123,31	0,43
12 -- 13	661	0,411	2,850	0,48	318,86	1,17
13 -- 14	712	0,349	2,850	0,35	247,53	1,00
14 -- 15	850	0,305	1,425	0,13	112,85	0,44
15 -- 16	1950	0,278	1,425	0,11	214,69	0,40
16 -- 17	4183	0,260	0,500	0,03	141,45	0,13
17 -- 18	928	0,235	2,350	0,13	120,64	0,55
18 -- 19	1068	0,193	2,850	0,11	112,94	0,55
19 -- 20	1322	0,154	2,300	0,05	72,31	0,35
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,82	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,26	0,32
22 -- 23	1382	0,082	2,850	0,02	26,53	0,23
23 -- 24	1452	0,055	2,850	0,01	12,74	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,02	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,44	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,07	6718,21	19,73

m_e = 6718,2 / 12,1 = 556,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,92	Hz
b =	1,45	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,061	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,073	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,35	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,53	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,83	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,15	
R^2 =	0,73	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,72	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,65

$c_s c_d$ =	**1,09**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_T

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_T
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,81	0,63
2	31,8	1,18E+06	0,77	0,81	0,62
3	31,5	1,35E+06	0,77	0,81	0,62
4	31,2	1,53E+06	0,77	0,81	0,62
5	31,0	1,64E+06	0,77	0,81	0,62
6	30,8	1,73E+06	0,77	0,81	0,62
7	30,6	1,84E+06	0,77	0,81	0,62
8	30,4	1,93E+06	0,77	0,81	0,62
9	30,1	2,05E+06	0,77	0,81	0,62
10	29,8	2,19E+06	0,77	0,81	0,62
11	29,6	2,27E+06	0,77	0,81	0,62
12	29,3	2,37E+06	0,76	0,81	0,62
13	28,8	2,51E+06	0,76	0,81	0,62
14	28,4	2,61E+06	0,76	0,81	0,62
15	28,2	2,68E+06	0,76	0,81	0,62
16	28,0	2,72E+06	0,76	0,81	0,62
17	27,7	2,78E+06	0,76	0,81	0,62
18	27,1	2,81E+06	0,76	0,81	0,61
19	26,5	2,96E+06	0,76	0,81	0,61
20	26,1	3,00E+06	0,76	0,81	0,61
21	25,6	3,04E+06	0,76	0,81	0,61
22	24,7	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
23	23,5	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
24	22,1	3,05E+06	0,75	0,81	0,60
25	20,2	2,91E+06	0,74	0,81	0,60
26	17,3	2,61E+06	0,73	0,81	0,59
27	16,9	2,66E+06	0,73	0,81	0,59

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - L en L2		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	48,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	38,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	28,00	0,000
Passieve run	20,50	1,358

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,182	0,068	388	0,681
2	5455	342	5797	0,794	0,274	1646	0,722
3	7901	428	8328	1,143	0,342	2262	0,794
4	9103	428	9530	1,310	0,342	2480	0,870
5	1715	68	1782	0,222	0,054	411	0,913
6	9707	360	10067	1,254	0,288	2277	0,949
7	6211	214	6425	0,800	0,171	1419	0,996
8	6545	214	6759	0,842	0,171	1467	1,029
9	14092	428	14520	1,808	0,342	3071	1,078
10	11130	285	11415	1,297	0,228	2144	1,128
11	5810	143	5952	0,676	0,114	1099	1,157
12	18408	428	18836	2,137	0,342	3402	1,194
13	19877	428	20305	2,301	0,342	3544	1,243
14	11894	214	12107	1,212	0,171	1819	1,277
15	12311	214	12525	1,252	0,171	1848	1,297
16	4419	75	4494	0,449	0,060	654	1,309
17	21455	353	21808	2,177	0,282	3115	1,326
18	30018	428	30446	2,719	0,342	3764	1,321
19	26211	345	26556	2,365	0,276	3142	1,366
20	6448	83	6531	0,581	0,066	754	1,371
21	34528	428	34956	3,104	0,342	3909	1,372
22	38956	428	39383	3,259	0,342	3877	1,360
23	40959	428	41386	3,409	0,342	3786	1,328
24	42962	428	43389	3,554	0,342	3611	1,267
25	44965	428	45393	3,688	0,342	3308	1,161
26	46968	428	47396	3,795	0,342	2770	0,972
27	48971	428	49399	3,947	0,342	2791	0,979
	528262	8550	536812	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	64757

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	3051	2406	2405	9424	3158
3	3 -- 4	3507				
4	4 -- 5	4013				
5	5 -- 6	4752				
6	6 -- 7	5033	18604	18594	30934	21611
7	7 -- 8	5411				
8	8 -- 9	5692				
9	9 -- 10	6114				
10	10 -- 11	7209				
11	11 -- 12	7519	19155	19146	31486	22163
12	12 -- 13	7931				
13	13 -- 14	8549				
14	14 -- 15	10196				
15	15 -- 16	10547				
16	16 -- 17	10784	18313	18313	18313	18313
17	17 -- 18	11136	19708	19699	32039	22716
18	18 -- 19	12819				
19	19 -- 20	13855				
20	20 -- 21	14249	4617	4615	18676	6122
21	21 -- 22	14718				
22	22 -- 23	16582				
23	23 -- 24	17426				
24	24 -- 25	18269				
25	25 -- 26	19113				
26	26 -- 27	19956				
27	27 -- 28	20799				
28			58915	58915	58915	58915

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	681				
2	2 -- 3	722	28576	19882	50967	21278
3	3 -- 4	794				
4	4 -- 5	870				
5	5 -- 6	913				
6	6 -- 7	949	182742	151666	207653	147712
7	7 -- 8	996				
8	8 -- 9	1029				
9	9 -- 10	1078				
10	10 -- 11	1128				
11	11 -- 12	1157	175071	151136	205550	147277
12	12 -- 13	1194				
13	13 -- 14	1243				
14	14 -- 15	1277				
15	15 -- 16	1297				
16	16 -- 17	1309				
17	17 -- 18	1326	165217	150503	203011	146759
18	18 -- 19	1321				
19	19 -- 20	1366				
20	20 -- 21	1371	45646	39776	98129	43009
21	21 -- 22	1372				
22	22 -- 23	1360				
23	23 -- 24	1328				
24	24 -- 25	1267				
25	25 -- 26	1161				
26	26 -- 27	972				
27	27 -- 28	979				
28						

KEMA rapport - bijlage L2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

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

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

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1089				
2	2 -- 3	1155	37809	23355	66280	25962
3	3 -- 4	1270				
4	4 -- 5	1392				
5	5 -- 6	1461				
6	6 -- 7	1518	235849	175380	258657	176175
7	7 -- 8	1593				
8	8 -- 9	1647				
9	9 -- 10	1724				
10	10 -- 11	1805				
11	11 -- 12	1852	224419	174456	255422	175439
12	12 -- 13	1910				
13	13 -- 14	1990				
14	14 -- 15	2043				
15	15 -- 16	2074				
16	16 -- 17	2094				
17	17 -- 18	2121	209481	173351	251491	174559
18	18 -- 19	2113				
19	19 -- 20	2186				
20	20 -- 21	2193	58310	46141	126880	52051
21	21 -- 22	2195				
22	22 -- 23	2177				
23	23 -- 24	2125				
24	24 -- 25	2027				
25	25 -- 26	1857				
26	26 -- 27	1555				
27	27 -- 28	1567				
28						

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	388		0	0,00E+00	3,00E-03	93
2	2 -- 3	1646		388	1,17E+05	3,00E-03	92
3	3 -- 4	2262		2034	2,94E+06	2,98E-03	85
4	4 -- 5	2480		4295	1,21E+07	2,93E-03	76
5	5 -- 6	411		6775	2,81E+07	2,83E-03	68
6	6 -- 7	2277		7186	3,13E+07	2,81E-03	67
7	7 -- 8	1419		9463	5,16E+07	2,70E-03	60
8	8 -- 9	1467		10882	6,64E+07	2,63E-03	56
9	9 -- 10	3071		12348	8,32E+07	2,55E-03	53
10	10 -- 11	2144		15419	1,23E+08	2,38E-03	46
11	11 -- 12	1099		17563	1,55E+08	2,26E-03	41
12	12 -- 13	3402		18663	1,73E+08	2,20E-03	39
13	13 -- 14	3544		22065	2,31E+08	2,01E-03	33
14	14 -- 15	1819		25608	3,00E+08	1,82E-03	28
15	15 -- 16	1848		27428	3,38E+08	1,73E-03	25
16	16 -- 17	654		29275	3,79E+08	1,64E-03	23
17	17 -- 18	3115		29930	3,94E+08	1,61E-03	22
18	18 -- 19	3764		33045	4,69E+08	1,46E-03	18
19	19 -- 20	3142		36808	5,70E+08	1,28E-03	14
20	20 -- 21	754		39950	6,59E+08	1,14E-03	12
21	21 -- 22	3909		40704	6,81E+08	1,11E-03	11
22	22 -- 23	3877		44614	8,04E+08	9,39E-04	8
23	23 -- 24	3786		48491	9,37E+08	7,80E-04	6
24	24 -- 25	3611		52277	1,08E+09	6,22E-04	4
25	25 -- 26	3308		55888	1,24E+09	4,64E-04	2
26	26 -- 27	2770		59196	1,40E+09	3,08E-04	1
27	27 -- 28	2791		61966	1,57E+09	1,53E-04	0
28				64757	1,75E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,56E-02	1409
2	2 -- 3		28576	121966	9,34E+04	4,56E-02	1383
3	3 -- 4			1089161	6,62E+07	4,53E-02	1279
4	4 -- 5			3336578	1,50E+08	4,44E-02	1151
5	5 -- 6			6718611	2,35E+08	4,35E-02	1025
6	6 -- 7		182742	7761781	2,48E+08	4,33E-02	1006
7	7 -- 8			13307091	7,61E+08	4,20E-02	903
8	8 -- 9			16874174	1,07E+09	4,09E-02	844
9	9 -- 10			20719326	1,37E+09	3,96E-02	787
10	10 -- 11			29587135	1,98E+09	3,67E-02	678
11	11 -- 12		175071	37145584	2,39E+09	3,49E-02	610
12	12 -- 13			40886351	2,76E+09	3,39E-02	577
13	13 -- 14			53203147	3,88E+09	3,09E-02	485
14	14 -- 15			65986609	4,99E+09	2,76E-02	401
15	15 -- 16			72308453	5,55E+09	2,61E-02	363
16	16 -- 17			79281111	6,10E+09	2,47E-02	327
17	17 -- 18		165217	82049575	6,30E+09	2,41E-02	314
18	18 -- 19			94729951	7,61E+09	2,17E-02	261
19	19 -- 20			110064859	9,20E+09	1,88E-02	203
20	20 -- 21		45646	122146908	1,05E+10	1,66E-02	162
21	21 -- 22			124861084	1,08E+10	1,61E-02	153
22	22 -- 23			139044756	1,25E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			152135564	1,42E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			163795662	1,60E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			173605151	1,77E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			181145233	1,94E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			185998265	2,11E+10	2,02E-03	3
28	28 -- 29			187889454	2,28E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,73E-02	1169
2	2 -- 3		19882	19882	7,63E+04	3,73E-02	1148
3	3 -- 4			19882	4,62E+07	3,70E-02	1063
4	4 -- 5			19882	1,05E+08	3,64E-02	959
5	5 -- 6			19882	1,64E+08	3,58E-02	856
6	6 -- 7		151666	171548	1,74E+08	3,57E-02	840
7	7 -- 8			171548	5,90E+08	3,47E-02	755
8	8 -- 9			171548	8,37E+08	3,38E-02	706
9	9 -- 10			171548	1,09E+09	3,27E-02	659
10	10 -- 11			171548	1,58E+09	3,05E-02	569
11	11 -- 12		151136	322684	1,91E+09	2,90E-02	512
12	12 -- 13			322684	2,22E+09	2,83E-02	485
13	13 -- 14			322684	3,15E+09	2,58E-02	408
14	14 -- 15			322684	4,08E+09	2,31E-02	338
15	15 -- 16			322684	4,55E+09	2,19E-02	306
16	16 -- 17			322684	5,01E+09	2,07E-02	276
17	17 -- 18		150503	473187	5,18E+09	2,03E-02	265
18	18 -- 19			473187	6,30E+09	1,83E-02	220
19	19 -- 20			473187	7,66E+09	1,58E-02	171
20	20 -- 21		39776	512963	8,76E+09	1,40E-02	137
21	21 -- 22			512963	9,04E+09	1,36E-02	129
22	22 -- 23			512963	1,05E+10	1,13E-02	94
23	23 -- 24			512963	1,20E+10	9,29E-03	64
24	24 -- 25			512963	1,35E+10	7,29E-03	41
25	25 -- 26			512963	1,49E+10	5,36E-03	23
26	26 -- 27			512963	1,64E+10	3,50E-03	10
27	27 -- 28			512963	1,79E+10	1,71E-03	2
28				512963	1,93E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,87E-02	1766
2	2 -- 3		50967	50967	1,20E+05	5,87E-02	1732
3	3 -- 4			50967	1,18E+08	5,81E-02	1599
4	4 -- 5			50967	2,66E+08	5,66E-02	1435
5	5 -- 6			50967	4,15E+08	5,49E-02	1276
6	6 -- 7		207653	258620	4,39E+08	5,46E-02	1251
7	7 -- 8			258620	1,07E+09	5,26E-02	1122
8	8 -- 9			258620	1,44E+09	5,11E-02	1048
9	9 -- 10			258620	1,81E+09	4,93E-02	977
10	10 -- 11			258620	2,56E+09	4,56E-02	841
11	11 -- 12		205550	464170	3,06E+09	4,33E-02	757
12	12 -- 13			464170	3,51E+09	4,21E-02	716
13	13 -- 14			464170	4,85E+09	3,82E-02	601
14	14 -- 15			464170	6,18E+09	3,41E-02	498
15	15 -- 16			464170	6,85E+09	3,23E-02	451
16	16 -- 17			464170	7,52E+09	3,05E-02	406
17	17 -- 18		203011	667181	7,76E+09	2,99E-02	391
18	18 -- 19			667181	9,34E+09	2,69E-02	324
19	19 -- 20			667181	1,13E+10	2,33E-02	253
20	20 -- 21		98129	765310	1,28E+10	2,06E-02	202
21	21 -- 22			765310	1,32E+10	2,00E-02	191
22	22 -- 23			765310	1,54E+10	1,67E-02	138
23	23 -- 24			765310	1,76E+10	1,37E-02	95
24	24 -- 25			765310	1,98E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			765310	2,20E+10	7,91E-03	33
26	26 -- 27			765310	2,42E+10	5,16E-03	15
27	27 -- 28			765310	2,64E+10	2,53E-03	4
28				765310	2,86E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,69E-02	1153
2	2 -- 3		21278	21278	7,56E+04	3,69E-02	1132
3	3 -- 4			21278	4,94E+07	3,67E-02	1048
4	4 -- 5			21278	1,12E+08	3,61E-02	945
5	5 -- 6			21278	1,75E+08	3,53E-02	843
6	6 -- 7		147712	168989	1,85E+08	3,52E-02	827
7	7 -- 8			168989	5,96E+08	3,42E-02	743
8	8 -- 9			168989	8,39E+08	3,33E-02	695
9	9 -- 10			168989	1,08E+09	3,23E-02	648
10	10 -- 11			168989	1,57E+09	3,00E-02	560
11	11 -- 12		147277	316266	1,90E+09	2,86E-02	504
12	12 -- 13			316266	2,20E+09	2,78E-02	477
13	13 -- 14			316266	3,11E+09	2,53E-02	401
14	14 -- 15			316266	4,03E+09	2,27E-02	332
15	15 -- 16			316266	4,48E+09	2,15E-02	301
16	16 -- 17			316266	4,94E+09	2,03E-02	271
17	17 -- 18		146759	463026	5,10E+09	1,99E-02	261
18	18 -- 19			463026	6,20E+09	1,79E-02	216
19	19 -- 20			463026	7,53E+09	1,56E-02	169
20	20 -- 21		43009	506035	8,60E+09	1,38E-02	135
21	21 -- 22			506035	8,89E+09	1,34E-02	127
22	22 -- 23			506035	1,03E+10	1,12E-02	92
23	23 -- 24			506035	1,18E+10	9,14E-03	63
24	24 -- 25			506035	1,32E+10	7,17E-03	40
25	25 -- 26			506035	1,47E+10	5,27E-03	22
26	26 -- 27			506035	1,61E+10	3,44E-03	10
27	27 -- 28			506035	1,76E+10	1,68E-03	2
28				506035	1,90E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,57E-05	1
2	2 -- 3				1,41E+06	5,57E-05	1
3	3 -- 4				1,41E+06	4,19E-05	1
4	4 -- 5				1,41E+06	3,08E-05	0
5	5 -- 6				1,41E+06	2,35E-05	0
6	6 -- 7				1,41E+06	2,27E-05	0
7	7 -- 8				1,41E+06	1,90E-05	0
8	8 -- 9				1,41E+06	1,72E-05	0
9	9 -- 10				1,41E+06	1,57E-05	0
10	10 -- 11				1,41E+06	1,33E-05	0
11	11 -- 12				1,41E+06	1,21E-05	0
12	12 -- 13				1,41E+06	1,16E-05	0
13	13 -- 14				1,41E+06	1,03E-05	0
14	14 -- 15				1,41E+06	9,24E-06	0
15	15 -- 16				1,41E+06	8,85E-06	0
16	16 -- 17				1,41E+06	8,50E-06	0
17	17 -- 18				1,41E+06	8,38E-06	0
18	18 -- 19				1,41E+06	7,89E-06	0
19	19 -- 20				1,41E+06	7,40E-06	0
20	20 -- 21				6,63E+06	7,09E-06	0
21	21 -- 22				6,63E+06	6,76E-06	0
22	22 -- 23				6,63E+06	5,25E-06	0
23	23 -- 24				6,63E+06	4,04E-06	0
24	24 -- 25				6,63E+06	2,99E-06	0
25	25 -- 26				6,63E+06	2,09E-06	0
26	26 -- 27				6,63E+06	1,30E-06	0
27	27 -- 28				6,63E+06	6,10E-07	0
28					6,63E+06	0,00E+00	0

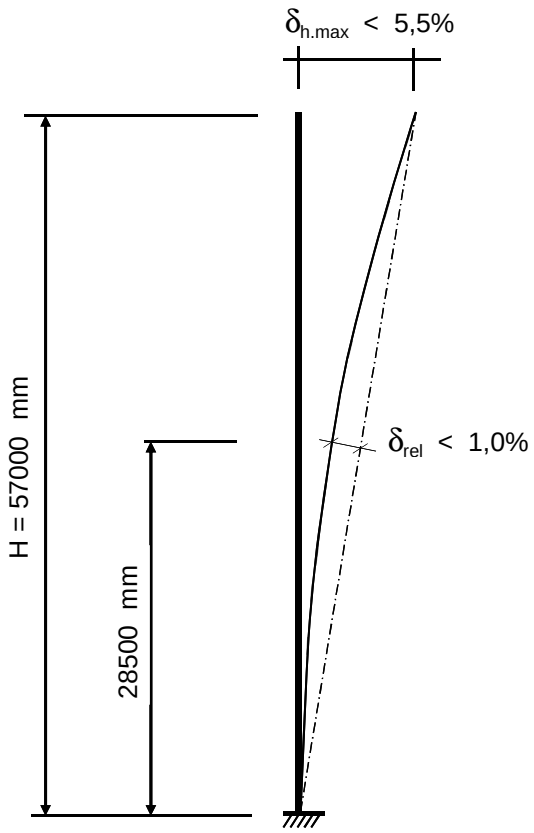
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,0E-02	1794
2	2 -- 3	6,0E-02	1760
3	3 -- 4	5,9E-02	1625
4	4 -- 5	5,8E-02	1458
5	5 -- 6	5,6E-02	1297
6	6 -- 7	5,5E-02	1272
7	7 -- 8	5,3E-02	1141
8	8 -- 9	5,2E-02	1066
9	9 -- 10	5,0E-02	993
10	10 -- 11	4,6E-02	855
11	11 -- 12	4,4E-02	769
12	12 -- 13	4,3E-02	728
13	13 -- 14	3,9E-02	612
14	14 -- 15	3,5E-02	507
15	15 -- 16	3,3E-02	458
16	16 -- 17	3,1E-02	413
17	17 -- 18	3,0E-02	398
18	18 -- 19	2,7E-02	330
19	19 -- 20	2,4E-02	257
20	20 -- 21	2,1E-02	206
21	21 -- 22	2,0E-02	194
22	22 -- 23	1,7E-02	141
23	23 -- 24	1,4E-02	97
24	24 -- 25	1,1E-02	61
25	25 -- 26	8,1E-03	34
26	26 -- 27	5,3E-03	15
27	27 -- 28	2,6E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1794 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,15 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 16 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 413 mm
α = 1,80 graden

δ_{rel} = 484 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,85 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	582	360	0	0,00E+00	4,44E-03	138
2	2 -- 3	2469	4361	582	1,66E+05	4,44E-03	136
3	3 -- 4	3392	11318	3051	4,31E+06	4,42E-03	126
4	4 -- 5	3720	21312	6443	1,78E+07	4,34E-03	113
5	5 -- 6	616	32748	10163	4,15E+07	4,20E-03	101
6	6 -- 7	3416	53490	10779	4,62E+07	4,17E-03	99
7	7 -- 8	2128	65570	14195	7,62E+07	4,01E-03	89
8	8 -- 9	2200	73280	16323	9,79E+07	3,90E-03	84
9	9 -- 10	4607	81391	18522	1,23E+08	3,78E-03	78
10	10 -- 11	3216	98815	23129	1,82E+08	3,52E-03	68
11	11 -- 12	1649	131668	26345	2,29E+08	3,35E-03	61
12	12 -- 13	5103	138811	27994	2,55E+08	3,27E-03	58
13	13 -- 14	5316	161414	33097	3,42E+08	2,99E-03	49
14	14 -- 15	2729	185779	38413	4,44E+08	2,70E-03	41
15	15 -- 16	2771	200308	41141	5,01E+08	2,57E-03	37
16	16 -- 17	982	233650	43913	5,61E+08	2,43E-03	34
17	17 -- 18	4673	258750	44895	5,83E+08	2,39E-03	32
18	18 -- 19	5646	284920	49567	6,94E+08	2,16E-03	27
19	19 -- 20	4713	321455	55213	8,44E+08	1,90E-03	21
20	20 -- 21	1131	357938	59926	9,76E+08	1,70E-03	17
21	21 -- 22	5864	365775	61056	1,01E+09	1,65E-03	16
22	22 -- 23	5816	407722	66921	1,19E+09	1,40E-03	12
23	23 -- 24	5679	454982	72736	1,39E+09	1,16E-03	8
24	24 -- 25	5417	504645	78415	1,61E+09	9,25E-04	5
25	25 -- 26	4962	556713	83832	1,84E+09	6,91E-04	3
26	26 -- 27	4155	611184	88794	2,08E+09	4,58E-04	1
27	27 -- 28	4187	668059	92950	2,34E+09	2,28E-04	0
28			786252	97136	2,61E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,83E-02	1797
2	2 -- 3		37809	37809	0,00E+00	5,83E-02	1764
3	3 -- 4			37809	8,62E+07	5,79E-02	1632
4	4 -- 5			37809	1,94E+08	5,68E-02	1468
5	5 -- 6			37809	3,02E+08	5,55E-02	1308
6	6 -- 7		235849	273659	3,19E+08	5,53E-02	1283
7	7 -- 8			273659	9,76E+08	5,36E-02	1152
8	8 -- 9			273659	1,37E+09	5,22E-02	1076
9	9 -- 10			273659	1,76E+09	5,05E-02	1003
10	10 -- 11			273659	2,54E+09	4,68E-02	864
11	11 -- 12		224419	498077	3,06E+09	4,45E-02	777
12	12 -- 13			498077	3,53E+09	4,33E-02	736
13	13 -- 14			498077	4,95E+09	3,93E-02	618
14	14 -- 15			498077	6,37E+09	3,52E-02	511
15	15 -- 16			498077	7,08E+09	3,33E-02	462
16	16 -- 17			498077	7,79E+09	3,14E-02	416
17	17 -- 18		209481	707558	8,04E+09	3,08E-02	401
18	18 -- 19			707558	9,70E+09	2,77E-02	332
19	19 -- 20			707558	1,17E+10	2,39E-02	258
20	20 -- 21		58310	765868	1,33E+10	2,12E-02	206
21	21 -- 22			765868	1,38E+10	2,05E-02	195
22	22 -- 23			765868	1,59E+10	1,71E-02	141
23	23 -- 24			765868	1,81E+10	1,40E-02	97
24	24 -- 25			765868	2,03E+10	1,10E-02	61
25	25 -- 26			765868	2,25E+10	8,06E-03	34
26	26 -- 27			765868	2,47E+10	5,26E-03	15
27	27 -- 28			765868	2,69E+10	2,57E-03	4
28				765868	2,90E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,27E-02	1339
2	2 -- 3		23355	23355	0,00E+00	4,27E-02	1314
3	3 -- 4			23355	5,32E+07	4,24E-02	1217
4	4 -- 5			23355	1,20E+08	4,17E-02	1097
5	5 -- 6			23355	1,86E+08	4,09E-02	980
6	6 -- 7		175380	198734	1,97E+08	4,08E-02	961
7	7 -- 8			198734	6,74E+08	3,97E-02	864
8	8 -- 9			198734	9,57E+08	3,86E-02	809
9	9 -- 10			198734	1,24E+09	3,75E-02	754
10	10 -- 11			198734	1,81E+09	3,49E-02	651
11	11 -- 12		174456	373190	2,18E+09	3,32E-02	586
12	12 -- 13			373190	2,54E+09	3,23E-02	555
13	13 -- 14			373190	3,60E+09	2,95E-02	467
14	14 -- 15			373190	4,67E+09	2,64E-02	387
15	15 -- 16			373190	5,20E+09	2,50E-02	350
16	16 -- 17			373190	5,73E+09	2,37E-02	316
17	17 -- 18		173351	546542	5,92E+09	2,32E-02	304
18	18 -- 19			546542	7,20E+09	2,09E-02	252
19	19 -- 20			546542	8,76E+09	1,81E-02	196
20	20 -- 21		46141	592682	1,00E+10	1,60E-02	157
21	21 -- 22			592682	1,03E+10	1,55E-02	148
22	22 -- 23			592682	1,20E+10	1,30E-02	107
23	23 -- 24			592682	1,37E+10	1,06E-02	74
24	24 -- 25			592682	1,54E+10	8,35E-03	47
25	25 -- 26			592682	1,71E+10	6,14E-03	26
26	26 -- 27			592682	1,88E+10	4,01E-03	11
27	27 -- 28			592682	2,05E+10	1,96E-03	3
28				592682	2,22E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,31E-02	2193
2	2 -- 3		66280	66280	0,00E+00	7,31E-02	2151
3	3 -- 4			66280	1,51E+08	7,24E-02	1985
4	4 -- 5			66280	3,40E+08	7,05E-02	1781
5	5 -- 6			66280	5,29E+08	6,82E-02	1583
6	6 -- 7		258657	324937	5,59E+08	6,79E-02	1552
7	7 -- 8			324937	1,34E+09	6,54E-02	1392
8	8 -- 9			324937	1,80E+09	6,34E-02	1300
9	9 -- 10			324937	2,26E+09	6,13E-02	1211
10	10 -- 11			324937	3,19E+09	5,66E-02	1043
11	11 -- 12		255422	580360	3,81E+09	5,37E-02	938
12	12 -- 13			580360	4,36E+09	5,22E-02	888
13	13 -- 14			580360	6,01E+09	4,73E-02	746
14	14 -- 15			580360	7,67E+09	4,23E-02	618
15	15 -- 16			580360	8,49E+09	4,00E-02	559
16	16 -- 17			580360	9,32E+09	3,78E-02	504
17	17 -- 18		251491	831851	9,61E+09	3,70E-02	485
18	18 -- 19			831851	1,16E+10	3,33E-02	402
19	19 -- 20			831851	1,39E+10	2,89E-02	313
20	20 -- 21		126880	958731	1,59E+10	2,56E-02	251
21	21 -- 22			958731	1,64E+10	2,48E-02	237
22	22 -- 23			958731	1,91E+10	2,07E-02	172
23	23 -- 24			958731	2,18E+10	1,70E-02	118
24	24 -- 25			958731	2,46E+10	1,33E-02	75
25	25 -- 26			958731	2,73E+10	9,82E-03	41
26	26 -- 27			958731	3,00E+10	6,41E-03	18
27	27 -- 28			958731	3,28E+10	3,14E-03	5
28				958731	3,55E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,37E-02	1364
2	2 -- 3		25962	25962	0,00E+00	4,37E-02	1339
3	3 -- 4			25962	5,92E+07	4,34E-02	1240
4	4 -- 5			25962	1,33E+08	4,26E-02	1117
5	5 -- 6			25962	2,07E+08	4,18E-02	996
6	6 -- 7		176175	202137	2,19E+08	4,16E-02	978
7	7 -- 8			202137	7,04E+08	4,04E-02	879
8	8 -- 9			202137	9,92E+08	3,94E-02	822
9	9 -- 10			202137	1,28E+09	3,82E-02	767
10	10 -- 11			202137	1,86E+09	3,55E-02	662
11	11 -- 12		175439	377575	2,24E+09	3,38E-02	596
12	12 -- 13			377575	2,60E+09	3,29E-02	564
13	13 -- 14			377575	3,68E+09	3,00E-02	474
14	14 -- 15			377575	4,75E+09	2,68E-02	393
15	15 -- 16			377575	5,29E+09	2,54E-02	356
16	16 -- 17			377575	5,83E+09	2,40E-02	321
17	17 -- 18		174559	552135	6,02E+09	2,36E-02	309
18	18 -- 19			552135	7,31E+09	2,12E-02	256
19	19 -- 20			552135	8,89E+09	1,84E-02	199
20	20 -- 21		52051	604186	1,02E+10	1,63E-02	159
21	21 -- 22			604186	1,05E+10	1,58E-02	151
22	22 -- 23			604186	1,22E+10	1,32E-02	109
23	23 -- 24			604186	1,39E+10	1,08E-02	75
24	24 -- 25			604186	1,57E+10	8,49E-03	47
25	25 -- 26			604186	1,74E+10	6,24E-03	26
26	26 -- 27			604186	1,91E+10	4,07E-03	12
27	27 -- 28			604186	2,08E+10	1,99E-03	3
28				604186	2,25E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	6,68E-05	1
2	2 -- 3				1,69E+06	6,68E-05	1
3	3 -- 4				1,69E+06	5,02E-05	1
4	4 -- 5				1,69E+06	3,69E-05	1
5	5 -- 6				1,69E+06	2,82E-05	0
6	6 -- 7				1,69E+06	2,72E-05	0
7	7 -- 8				1,69E+06	2,28E-05	0
8	8 -- 9				1,69E+06	2,06E-05	0
9	9 -- 10				1,69E+06	1,88E-05	0
10	10 -- 11				1,69E+06	1,59E-05	0
11	11 -- 12				1,69E+06	1,45E-05	0
12	12 -- 13				1,69E+06	1,39E-05	0
13	13 -- 14				1,69E+06	1,23E-05	0
14	14 -- 15				1,69E+06	1,11E-05	0
15	15 -- 16				1,69E+06	1,06E-05	0
16	16 -- 17				1,69E+06	1,02E-05	0
17	17 -- 18				1,69E+06	1,01E-05	0
18	18 -- 19				1,69E+06	9,47E-06	0
19	19 -- 20				1,69E+06	8,88E-06	0
20	20 -- 21				7,96E+06	8,50E-06	0
21	21 -- 22				7,96E+06	8,12E-06	0
22	22 -- 23				7,96E+06	6,30E-06	0
23	23 -- 24				7,96E+06	4,84E-06	0
24	24 -- 25				7,96E+06	3,59E-06	0
25	25 -- 26				7,96E+06	2,51E-06	0
26	26 -- 27				7,96E+06	1,56E-06	0
27	27 -- 28				7,96E+06	7,32E-07	0
28					7,96E+06	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	11,38	66,45	7,07
3	3 -- 4	18,34	67,20	159,43
4	4 -- 5	28,33	68,21	352,39
5	5 -- 6	39,77	69,33	548,38
6	6 -- 7	72,84	328,17	579,62
7	7 -- 8	84,92	329,20	1368,46
8	8 -- 9	92,63	329,83	1838,02
9	9 -- 10	100,74	330,49	2308,51
10	10 -- 11	118,16	331,88	3252,38
11	11 -- 12	163,35	588,26	3883,86
12	12 -- 13	170,49	588,76	4442,95
13	13 -- 14	193,09	590,29	6123,09
14	14 -- 15	217,46	591,88	7807,68
15	15 -- 16	231,99	592,70	8651,70
16	16 -- 17	265,33	593,53	9496,89
17	17 -- 18	302,76	845,32	9793,74
18	18 -- 19	328,93	846,72	11781,88
19	19 -- 20	365,46	848,41	14197,45
20	20 -- 21	416,01	976,71	16175,80
21	21 -- 22	423,84	977,05	16713,08
22	22 -- 23	465,79	978,81	19500,17
23	23 -- 24	513,05	980,55	22292,26
24	24 -- 25	562,71	982,26	25089,26
25	25 -- 26	614,78	983,88	27891,00
26	26 -- 27	669,25	985,37	30697,18
27	27 -- 28	726,13	986,62	33507,26
28		844,32	987,87	36320,91

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 785	7,07	11,38	34	7,5	1217,6	0,01
2	500 / 785	159,43	18,34	136	162,3	1621,9	0,10
3	500 / 785	352,39	28,33	166	360,0	2208,8	0,17
4	500 / 785	548,38	39,77	162	562,4	2886,3	0,20
5	785 / 1070	579,62	72,84	25	595,5	3310,0	0,18
6	785 / 1070	1368,46	84,92	131	1395,4	4032,7	0,35
7	785 / 1070	1838,02	92,63	75	1871,9	4495,6	0,42
8	785 / 1070	2308,51	100,74	73	2349,8	4983,6	0,48
9	785 / 1070	3252,38	118,16	138	3309,9	6035,2	0,55
10	1070 / 1355	3883,86	163,35	86	3955,4	7431,7	0,54
11	1070 / 1355	4442,95	170,49	41	4521,5	7865,3	0,58
12	1070 / 1355	6123,09	193,09	116	6224,2	9239,9	0,68
13	1070 / 1355	7807,68	217,46	105	7931,6	10725,3	0,75
14	1355/ 1545	8651,70	231,99	48	8786,7	12994,9	0,68
15	1355/ 1545	9496,89	265,33	45	9644,0	13914,5	0,70
16	1355/ 1545	9793,74	302,76	15	9945,5	14244,7	0,71
17	1355/ 1545	11781,88	328,93	68	11956,0	15848,1	0,76
18	1545/ 1830	14197,45	365,46	73	14398,1	19946,1	0,73
19	1545/ 1830	16175,80	416,01	51	16397,9	21904,9	0,76
20	1545/ 1830	16713,08	423,84	11	16940,0	22386,9	0,76
21	1545/ 1830	19500,17	465,79	53	19751,9	24968,6	0,80
22	1830/ 2400	22292,26	513,05	44	22566,7	29576,4	0,77
23	1830/ 2400	25089,26	562,71	36	25383,7	32639,7	0,79
24	1830/ 2400	27891,00	614,78	27	28202,1	35854,0	0,80
25	1830/ 2400	30697,18	669,25	19	31021,0	39219,2	0,80
26	1830/ 2400	33507,26	726,13	11	33839,2	42735,4	0,80
27	1830/ 2400	36320,91	844,32	4	36656,0	46402,7	0,80

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
595	18,0	33,06	0,81	355	355
690	18,0	38,33	0,81	355	355
785	18,0	43,61	0,81	355	355
800	20,0	40,00	0,81	355	355
880	20,0	44,00	0,81	355	355
928	20,0	46,38	0,81	355	355
975	20,0	48,75	0,81	355	355
1070	20,0	53,50	0,81	355	355
1133	22,0	51,52	0,81	355	355
1165	22,0	52,95	0,81	355	355
1260	22,0	57,27	0,81	355	355
1355	22,0	61,59	0,81	347	355
1403	25,0	56,10	0,81	355	355
1450	25,0	58,00	0,81	355	355
1467	25,0	58,67	0,81	355	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1640	28,0	58,57	0,81	355	355
1717	28,0	61,31	0,81	348	355
1735	28,0	61,96	0,81	345	355
1830	28,0	65,36	0,81	333	355
1925	30,0	64,17	0,81	337	355
2020	30,0	67,33	0,81	326	355
2115	30,0	70,50	0,81	317	355
2210	30,0	73,67	0,81	307	355
2305	30,0	76,83	0,81	299	355
2400	30,0	80,00	0,81	292	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 785	2,26	0,41	355	355	0,01
2	500 / 785	40,79	0,60	355	355	0,12
3	500 / 785	67,12	0,80	355	355	0,19
4	500 / 785	78,72	0,98	355	355	0,22
5	785 / 1070	65,12	1,50	355	355	0,19
6	785 / 1070	135,26	1,65	355	355	0,39
7	785 / 1070	155,96	1,67	355	355	0,44
8	785 / 1070	176,12	1,72	355	355	0,50
9	785 / 1070	213,76	1,88	355	355	0,61
10	1070 / 1355	200,30	2,19	355	355	0,57
11	1070 / 1355	209,91	2,19	355	355	0,60
12	1070 / 1355	258,77	2,35	355	355	0,74
13	1070 / 1355	282,45	2,45	355	347	0,80
14	1355/ 1545	248,61	2,18	355	355	0,71
15	1355/ 1545	254,53	2,41	355	355	0,72
16	1355/ 1545	250,77	2,69	355	355	0,71
17	1355/ 1545	282,29	2,83	355	346	0,80
18	1545/ 1830	286,47	2,72	355	355	0,81
19	1545/ 1830	278,34	2,87	355	348	0,79
20	1545/ 1830	271,56	2,84	355	345	0,77
21	1545/ 1830	296,36	3,02	355	333	0,84
22	1830/ 2400	285,08	2,95	355	337	0,81
23	1830/ 2400	289,85	3,07	355	326	0,83
24	1830/ 2400	292,50	3,20	355	317	0,83
25	1830/ 2400	293,53	3,33	355	307	0,84
26	1830/ 2400	293,30	3,46	355	299	0,84
27	1830/ 2400	292,10	3,86	355	292	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

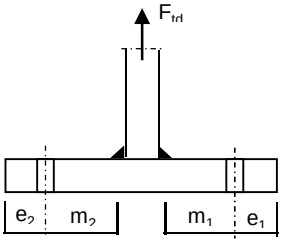
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

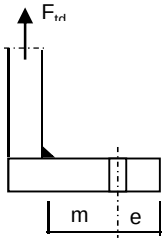
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

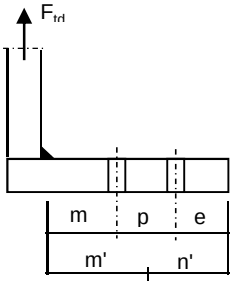
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,76	10,29	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
st.c binnenkant		1050,00					
	56	631,61	10,60	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,60

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			127,0
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			183,3
flenzen op 28,50 m hoogte.							
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
120	1,26E+08	2602,39	1463,95	1696,90	1463,95	1259,52	0,86
120	1,81E+08	3756,02	1803,52	1696,90	1696,90	1259,52	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,22	0,87
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,22	0,87
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,92	1,450	0,18	7,44

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	595	1,000		1,000			
2	584	0,983	1 -- 2	0,991	133	230	637,6
3	544	0,914	2 -- 3	0,949	580		254,3
4	493	0,829	3 -- 4	0,872	833		292,2
5	443	0,746	4 -- 5	0,787	953		334,4
6	436	0,733	5 -- 6	0,739	178	1550	3840,5
7	395	0,665	6 -- 7	0,699	1007		419,4
8	372	0,625	7 -- 8	0,645	643		450,9
9	349	0,587	8 -- 9	0,606	676		474,3
10	305	0,513	9 -- 10	0,550	1452		509,5
11	277	0,466	10 -- 11	0,490	1141	1596	1440,8
12	264	0,444	11 -- 12	0,455	595		626,5
13	225	0,379	12 -- 13	0,411	1884		660,9
14	190	0,319	13 -- 14	0,349	2030		712,5
15	173	0,291	14 -- 15	0,305	1211		849,6
16	157	0,265	15 -- 16	0,278	1252	1526	1949,8
17	152	0,256	16 -- 17	0,260	449	1642	4182,9
18	128	0,215	17 -- 18	0,235	2181		928,0
19	101	0,170	18 -- 19	0,193	3045		1068,3
20	82	0,138	19 -- 20	0,154	2656	385	1321,9
21	78	0,131	20 -- 21	0,135	653		1187,4
22	57	0,097	21 -- 22	0,114	3496		1226,5
23	40	0,068	22 -- 23	0,082	3938		1381,9
24	26	0,043	23 -- 24	0,055	4139		1452,1
25	15	0,025	24 -- 25	0,034	4339		1522,4
26	7	0,011	25 -- 26	0,018	4539		1592,7
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4740		1663,0
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4940	4910	3456,0

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	638	0,991	0,570	0,56	357,19	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,57	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,81	2,48
4 -- 5	334	0,787	2,850	1,77	590,95	2,24
5 -- 6	3841	0,739	0,450	0,25	944,53	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,54	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,37	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,39	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,38	1,57
10 -- 11	1441	0,490	1,900	0,46	656,85	0,93
11 -- 12	627	0,455	0,950	0,20	123,31	0,43
12 -- 13	661	0,411	2,850	0,48	318,86	1,17
13 -- 14	712	0,349	2,850	0,35	247,53	1,00
14 -- 15	850	0,305	1,425	0,13	112,85	0,44
15 -- 16	1950	0,278	1,425	0,11	214,69	0,40
16 -- 17	4183	0,260	0,500	0,03	141,45	0,13
17 -- 18	928	0,235	2,350	0,13	120,64	0,55
18 -- 19	1068	0,193	2,850	0,11	112,94	0,55
19 -- 20	1322	0,154	2,300	0,05	72,31	0,35
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,82	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,26	0,32
22 -- 23	1382	0,082	2,850	0,02	26,53	0,23
23 -- 24	1452	0,055	2,850	0,01	12,74	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,02	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,44	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,07	6718,21	19,73

m_e = 6718,2 / 12,1 = 556,6 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	556,6	0,030	1,25	1,450	12,7

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 = 12,7

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,73 / (4 * π * 12,07) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 7,44 / $15*10^{-6}$ = 7,2E+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

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,57 / 19,73 = 0,38

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,079 * 0,130 * 0,38 * 0,2 = 0,024

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,024 = 0,035 m

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		154786	154786	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			154786	8,82E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			154786	4,41E+08	4,9E-02	857
4	4 -- 5			154786	8,82E+08	4,3E-02	725
5	5 -- 6			154786	1,32E+09	3,8E-02	609
6	6 -- 7			154786	1,39E+09	3,7E-02	592
7	7 -- 8			154786	1,76E+09	3,3E-02	509
8	8 -- 9			154786	1,99E+09	3,0E-02	464
9	9 -- 10			154786	2,21E+09	2,8E-02	422
10	10 -- 11			154786	2,65E+09	2,4E-02	348
11	11 -- 12			154786	2,94E+09	2,2E-02	305
12	12 -- 13			154786	3,09E+09	2,0E-02	285
13	13 -- 14			154786	3,53E+09	1,7E-02	231
14	14 -- 15			154786	3,97E+09	1,5E-02	185
15	15 -- 16			154786	4,19E+09	1,3E-02	165
16	16 -- 17			154786	4,41E+09	1,2E-02	147
17	17 -- 18			154786	4,49E+09	1,2E-02	140
18	18 -- 19			154786	4,85E+09	1,0E-02	114
19	19 -- 20			154786	5,29E+09	8,6E-03	87
20	20 -- 21			154786	5,65E+09	7,4E-03	68
21	21 -- 22			154786	5,73E+09	7,2E-03	64
22	22 -- 23			154786	6,18E+09	5,8E-03	46
23	23 -- 24			154786	6,62E+09	4,6E-03	31
24	24 -- 25			154786	7,06E+09	3,5E-03	19
25	25 -- 26			154786	7,50E+09	2,6E-03	11
26	26 -- 27			154786	7,94E+09	1,6E-03	5
27	27 -- 28			154786	8,38E+09	7,9E-04	1
28	28 -- 29			154786	8,82E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	18,0	3429797	26	0,0351	1,8
2	595	18,0	4568728	97	0,0351	6,8
3	690	18,0	6222037	142	0,0351	10,0
4	785	18,0	8130513	163	0,0351	11,4
5	800	20,0	9323933	149	0,0351	10,5
6	880	20,0	11359713	155	0,0351	10,9
7	928	20,0	12663587	157	0,0351	11,0
8	975	20,0	14038342	157	0,0351	11,0
9	1070	20,0	17000494	156	0,0351	10,9
10	1133	22,0	20934283	140	0,0351	9,9
11	1165	22,0	22155736	139	0,0351	9,8
12	1260	22,0	26028017	136	0,0351	9,5
13	1355	22,0	30212175	131	0,0351	9,2
14	1403	25,0	36605376	114	0,0351	8,0
15	1450	25,0	39195854	113	0,0351	7,9
16	1467	25,0	40125792	112	0,0351	7,9
17	1545	25,0	44642616	109	0,0351	7,6
18	1640	28,0	56186268	94	0,0351	6,6
19	1717	28,0	61703971	92	0,0351	6,4
20	1735	28,0	63061723	91	0,0351	6,4
21	1830	28,0	70334115	88	0,0351	6,2
22	1925	30,0	83313787	79	0,0351	5,6
23	2020	30,0	91942792	77	0,0351	5,4
24	2115	30,0	100997086	74	0,0351	5,2
25	2210	30,0	110476672	72	0,0351	5,1
26	2305	30,0	120381548	70	0,0351	4,9
27	2400	30,0	130711715	67	0,0351	4,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y} =$ 0,92 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 7,44 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

z_s = 52,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,5 m/s

V_o = 31,5 * 20 / 100 = 6,30 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,92 * [7,44 / 6,30]^2 * \exp[-(7,44 / 6,30)^2]$ = 3,07E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

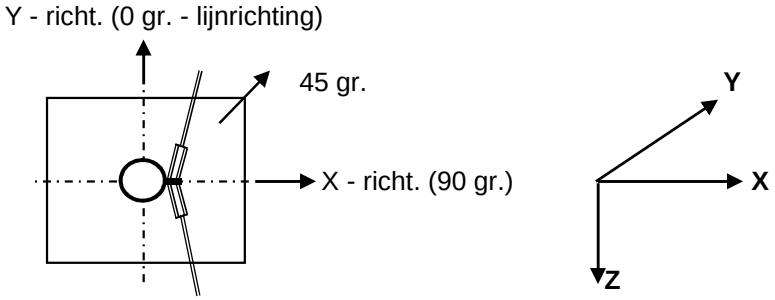
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,14	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
4	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
5	Lasnaad	13,73	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
7	Lasnaad	13,10	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
9	Lasnaad	13,25	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
10	Lasnaad	13,13	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
12	Lasnaad	11,75	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
13	Lasnaad	11,44	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
14	Lasnaad	11,08	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
16	flenzen	9,49	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03
18	Lasnaad	9,17	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
19	Lasnaad	7,95	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
21	Lasnaad	7,67	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
22	Lasnaad	7,41	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
23	Lasnaad	6,70	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
24	Lasnaad	6,47	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
25	Lasnaad	6,26	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
26	Lasnaad	6,06	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
27	Lasnaad	5,87	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
28	voetplaat	5,69	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 0 graden						
1 - EG mast			728			
2 - Windbelasting mast	104				2787	
3 - Belasting geval 1a	766		58		29051	
4 - Belasting geval 1b	593		58		22173	
5 - Belasting geval 3	959		116		35537	
6 - Belasting geval 4	604		69		22553	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	869		786		31838	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	612		786		22696	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	988		**844**		**36321**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	624		798		23076	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	30099	kNm	36321	kNm	36321	kNm
Dwarskracht	830	kN	988	kN	988	kN
Verticale kracht	655	kN	844	kN	590	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,76	10,29	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	522,34	8,65	28	M 48 - 8,8	848,45	0,62

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 629,8 kN

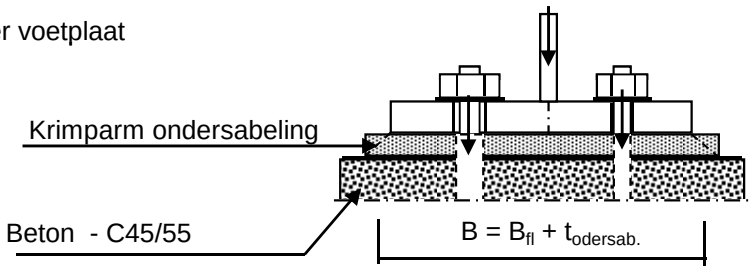
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 522,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 647,3 + 1,00 * 522,3 = 1169,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

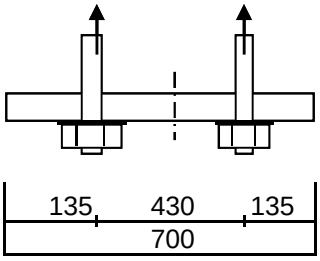
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	700,0	mm	D =	2370	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	740,0	mm			

A_{voetpl} = 740 * 2*π*D / n = 114786 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

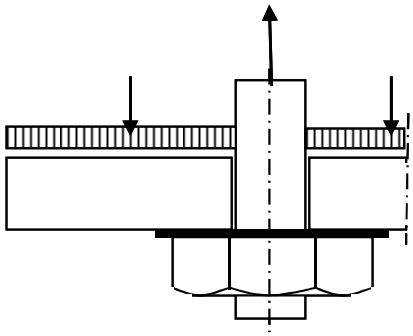


D = 2370 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 700 * $2*\pi*D / n$ = 108581 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 135 mm
L_{veld} = 430 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 105703 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2494 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 162397 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 162397 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2494 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 162397 / 179718,8 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 320,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2494 / 9223 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (320,0^2 + 3*55,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 335 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage L en L2

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70078	137223
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69192	136508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68068	135679
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9732	18523
	Comp. gl	4617	18574	36939
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72927	153781
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72817	153783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72673	153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9502	19907
	Comp. gl	4615	19311	40833
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104175	216107
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103850	216072
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103426	216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26747	54947
	Comp. gl	18676	53042	110780
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73717	155475
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73611	155485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73472	155503
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10778	22643
	Comp. gl	6122	21940	46471
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362
	GW / opgw	2505	9033	19371
	Comp. gl	5195	18706	40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	66910	134937
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66421	134664
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65796	134360
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9067	17908
	Comp. gl	4617	17921	36536

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72519	153807
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72451	153817
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72362	153833
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902
	Comp. gl	4615	19222	40844
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	102975	216051
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102778	216062
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102520	216087
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26364	54957
	Comp. gl	18676	52601	110859
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73322	155530
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73257	155544
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73170	155565
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10705	22649
	Comp. gl	6122	21855	46489
1a	380C1F1 / 380C2F1	17055	122112	201776
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17054	115266	192555
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17052	106263	180528
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	19999	32087
	Comp. gl	4619	29627	50223
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	78686	156737
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77884	156106
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76866	155378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10689	20765
	Comp. gl	4615	20513	41330
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	122004	228076
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	119496	225746
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29378	116311	222979
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32192	57937
	Comp. gl	18678	58797	112434
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79025	157457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78301	156996

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77379	156472
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11792	23129
	Comp. gl	6122	23012	46688
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	127805	209473
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	120404	199472
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	110638	186355
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21053	33538
	Comp. gl	4619	30889	51929
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79373	157310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78483	156573
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77356	155718
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10835	20916
	Comp. gl	4615	20654	41434
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	124148	230156
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	121371	227477
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	117843	224280
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9246	32831	58473
0	Comp. gl	18678	59452	112815
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79643	157881
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78842	157337
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77823	156715
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11912	23225
	Comp. gl	6122	23133	46748
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58036	111402
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	56984	110332
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	55657	109066
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8214	15270
	Comp. gl	3462	15152	29601
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59216	124380
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59098	124362
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58944	124348
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7655	15947

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15510	32684
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93070	192294
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92728	192224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92286	192159
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25616	52520
	Comp. gl	17518	50691	105739
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61202	128636
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61090	128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60945	128639
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9156	19166
	Comp. gl	4966	18589	39287
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010
	GW / opgw	1669	6441	13813
	Comp. gl	3462	13367	28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54301	107898
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53733	107456
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53013	106947
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7425	14386
	Comp. gl	3462	14389	28964
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58779	124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58708	124346
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58615	124352
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7570	15926
	Comp. gl	3461	15417	32683
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91816	192123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91613	192119
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91346	192127
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25227	52518
	Comp. gl	17518	50246	105808
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60789	128653

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60721	128662
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60632	128677
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9080	19165
	Comp. gl	4966	18503	39300
1a	380C1F1 / 380C2F1	12790	116665	190102
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12789	109310	179789
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	99518	166069
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19466	30945
	Comp. gl	3464	27805	46318
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	65902	129326
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64944	128359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63734	127218
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9058	17269
	Comp. gl	3461	16888	33556
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	112443	207579
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	109695	204733
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25111	106204	201310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31219	55852
	Comp. gl	17519	56584	107691
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67094	131873
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66269	131195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65224	130408
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10274	19874
	Comp. gl	4966	19744	39681
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	122732	198598
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	114837	187539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	104296	172759
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	20561	32483
	Comp. gl	3464	29178	48261
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66727	130192
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	65660	129077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64315	127754

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9233	17482
	Comp. gl	3461	17055	33716
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	114791	210096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	111750	206850
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	107883	202926
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	31879	56433
0	Comp. gl	17520	57260	108116
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	67801	132489
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66886	131698
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65727	130776
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10410	20003
	Comp. gl	4966	19878	39768

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58692	117160
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58142	116771
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57443	116326
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8001	15595
	Comp. gl	3847	15612	31551
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63513	134465
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63442	134470
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63349	134480
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8208	17289
	Comp. gl	3845	16725	35481
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84527	176406
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84313	176388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84033	176377
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20615	42601
	Comp. gl	13213	41028	86007
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62072	131372
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62002	131382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61911	131397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8886	18744
	Comp. gl	4850	18157	38551
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56720	115936
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56414	115796
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56020	115643
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7591	15255
	Comp. gl	3847	15204	31341
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63248	134496
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63204	134505
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63145	134517
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289
	Comp. gl	3845	16667	35491

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

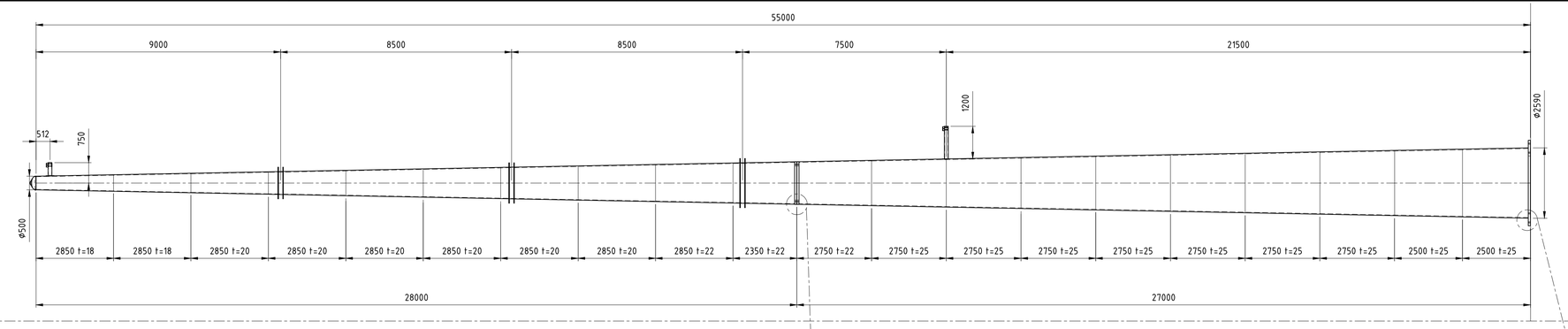
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

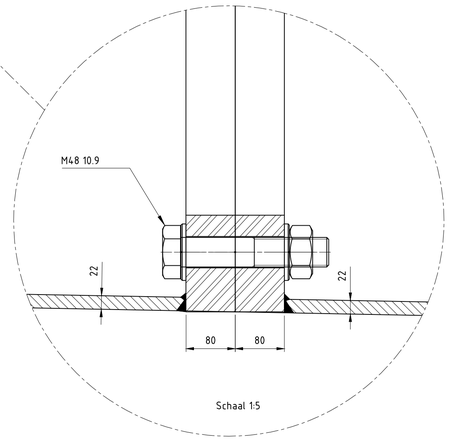
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83735	176385
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83605	176395
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83434	176414
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20357	42602
	Comp. gl	13213	40733	86056
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61813	131418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61769	131428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61712	131443
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8839	18750
	Comp. gl	4850	18101	38565
1a	380C1F1 / 380C2F1	14207	92237	157756
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	87647	151551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	81684	143612
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	14765	24466
	Comp. gl	3848	22624	39645
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67146	135993
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66646	135648
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	66011	135254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8949	17754
	Comp. gl	3845	17486	35726
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96234	184008
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	94582	182497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	92490	180718
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24331	44784
	Comp. gl	13214	44924	87242
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65476	132407
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65017	132149
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64430	131860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9540	19019
	Comp. gl	4850	18853	38657
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	96086	163003
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	91088	156197

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

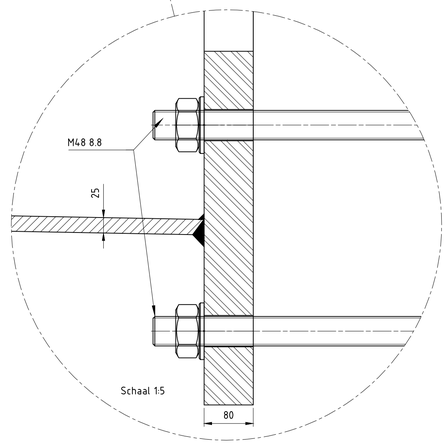
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84571	147435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15496	25493
	Comp. gl	3848	23458	40767
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67574	136310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67020	135903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66317	135437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9040	17840
	Comp. gl	3845	17574	35782
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	97648	185363
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95817	183619
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93496	181553
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24772	45174
	Comp. gl	13214	45371	87517
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65868	132646
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65360	132339
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64713	131993
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9616	19075
	Comp. gl	4850	18931	38691

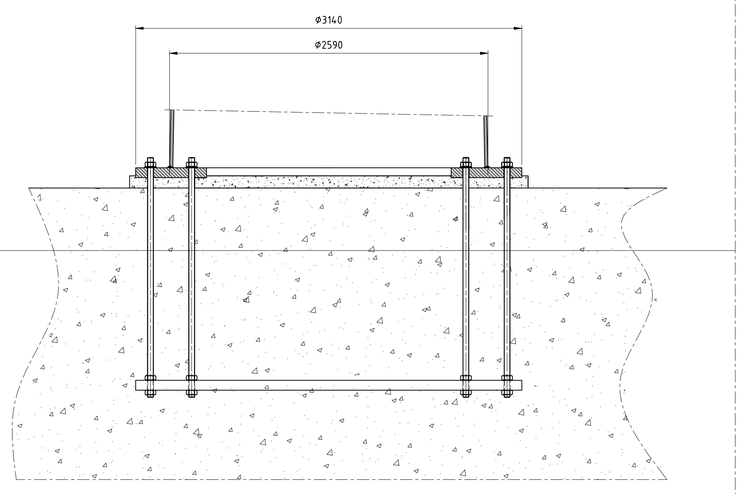




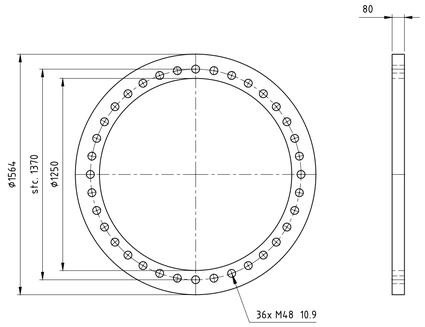
Schaal 1:5



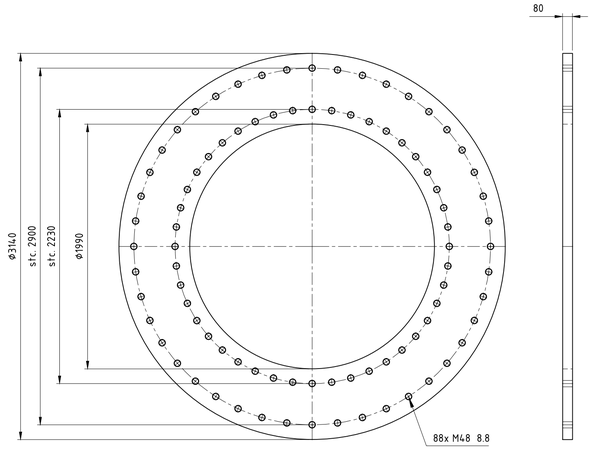
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:25

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

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

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

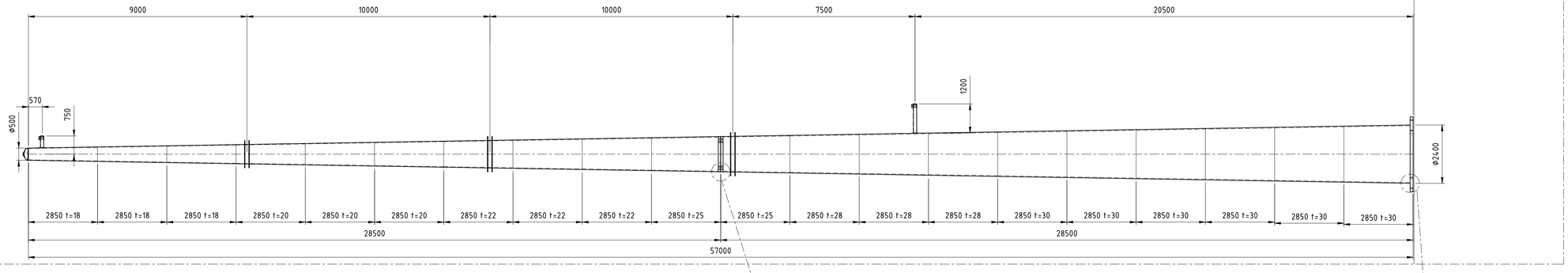
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

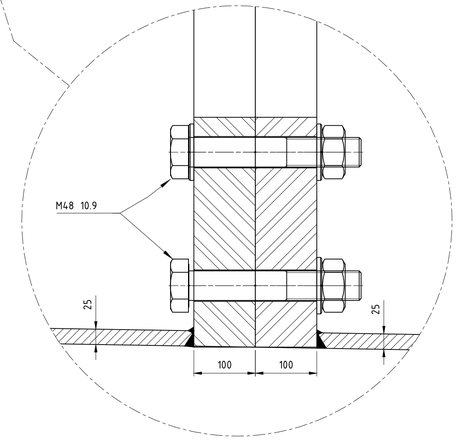
VolkerWessels Telecom

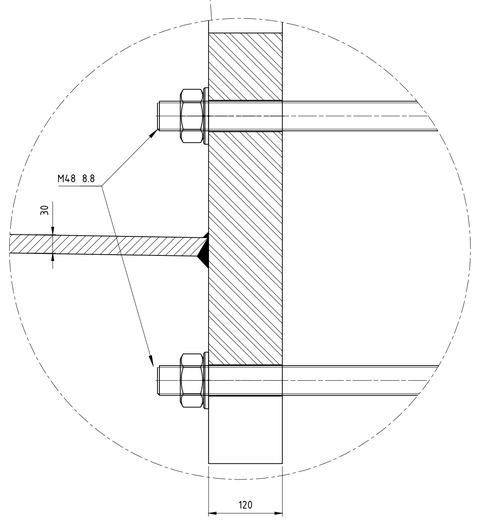
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/01 | A1

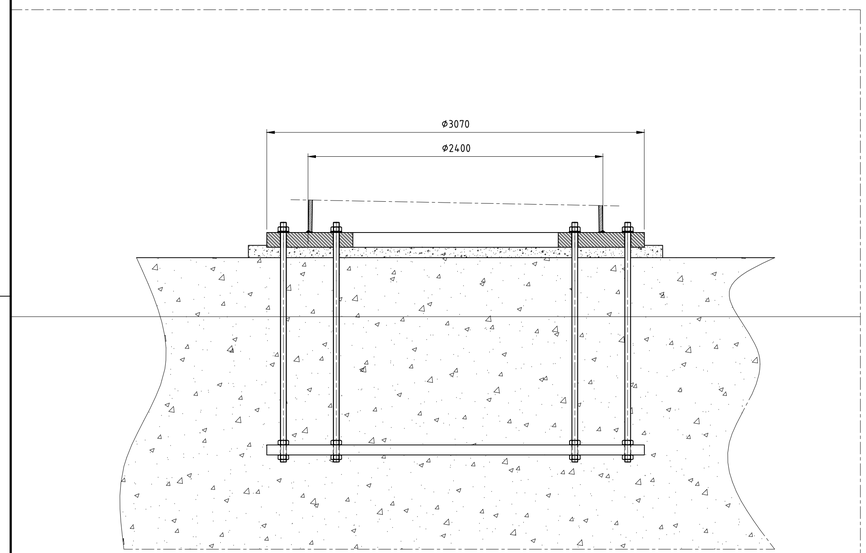
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

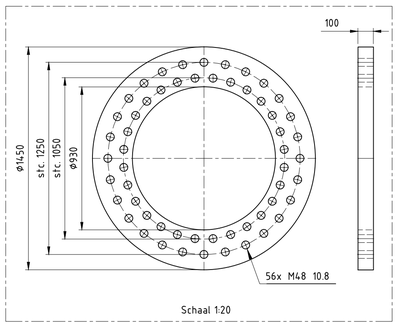




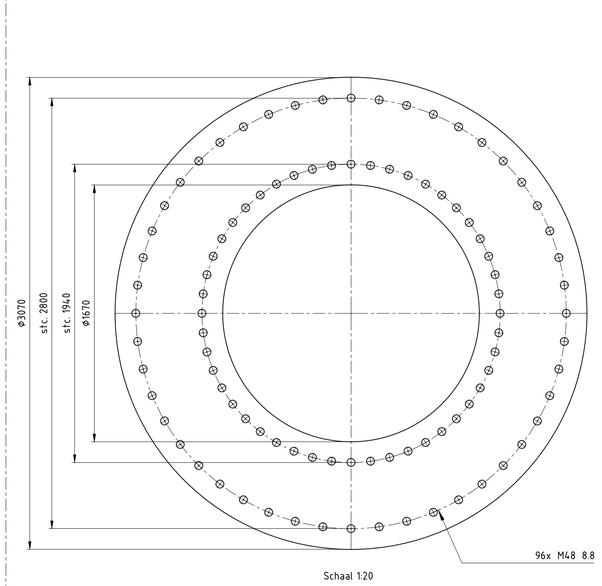




Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

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

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E400+0

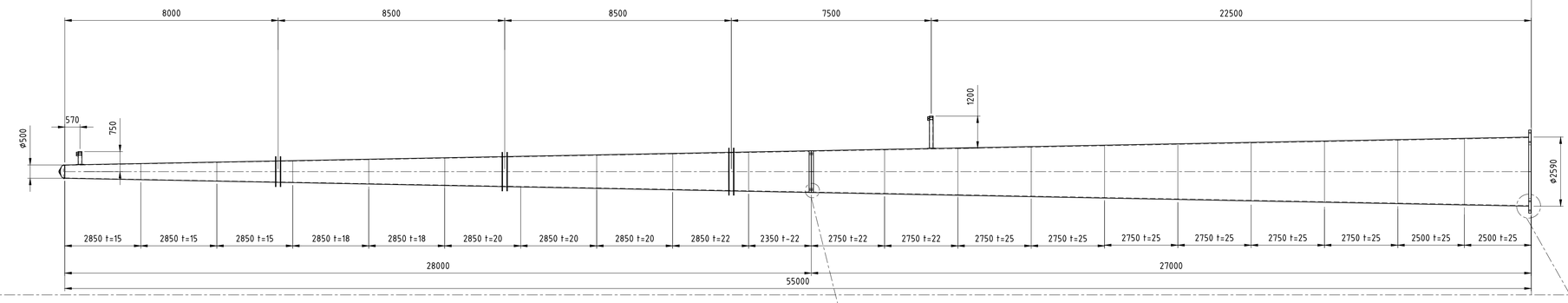
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

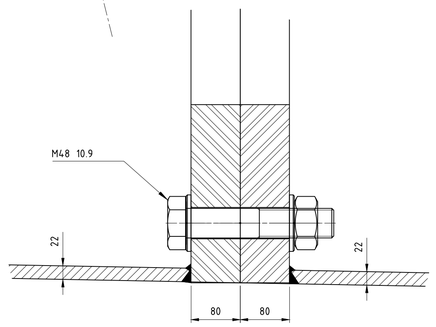
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/03 | A1

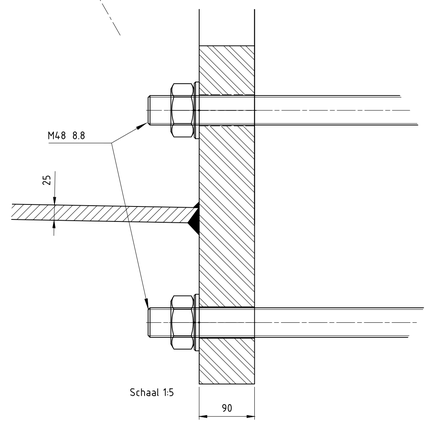
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

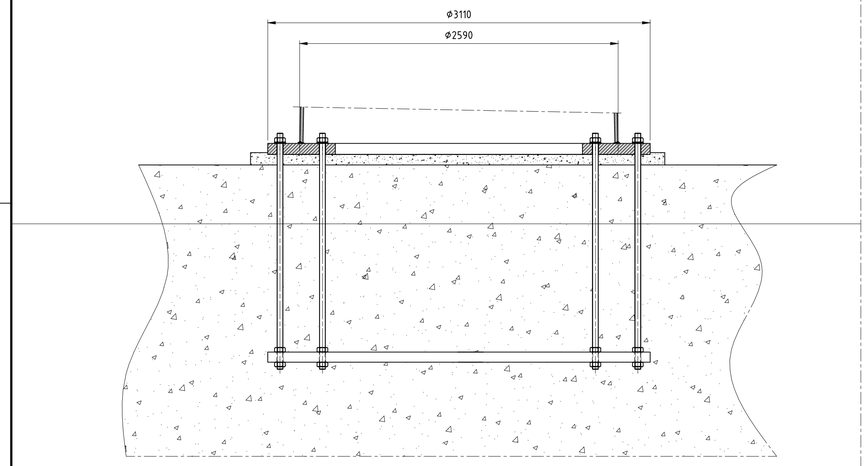




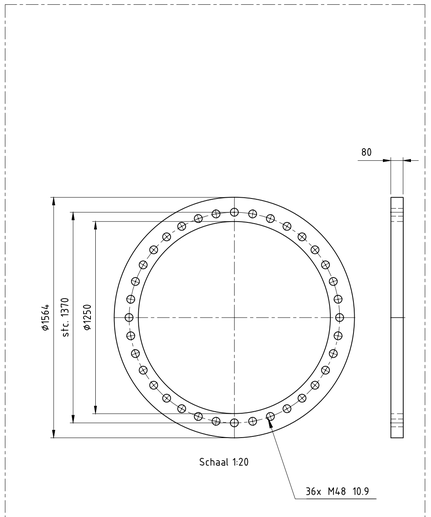
Schaal 1:5



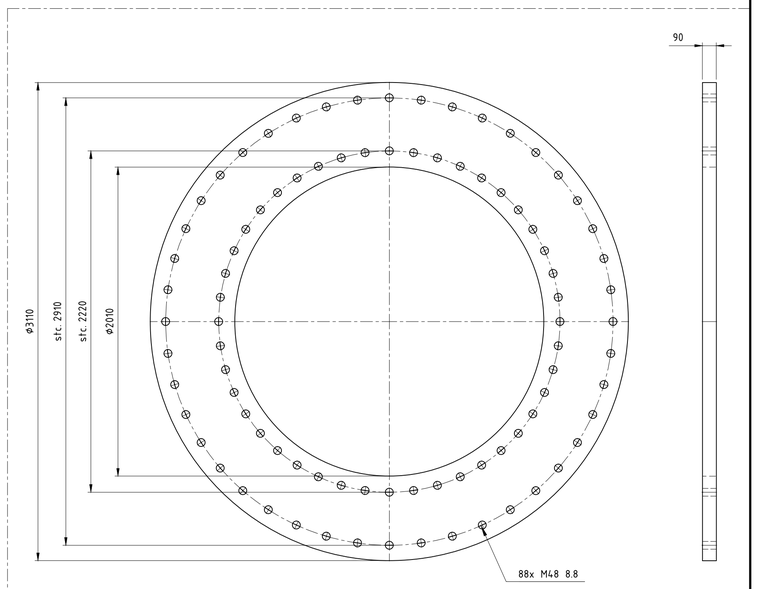
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

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

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

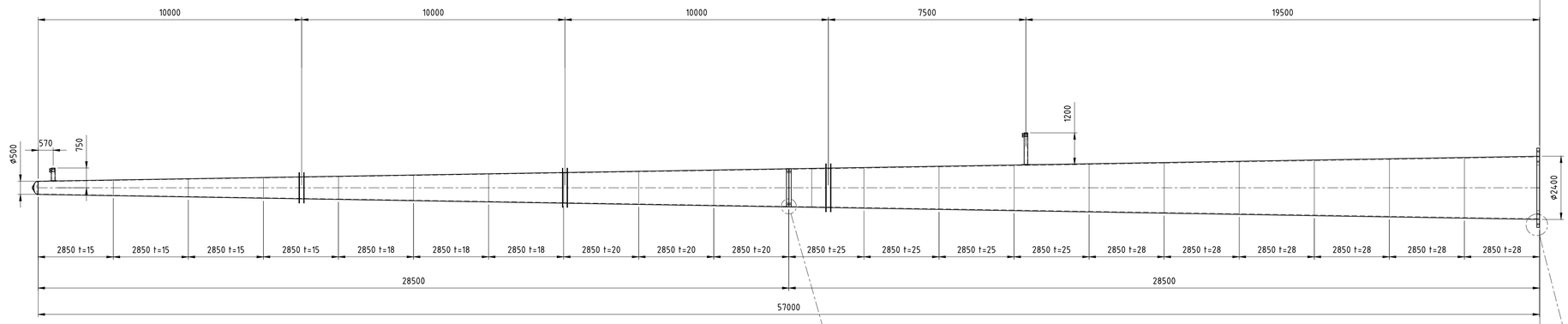
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

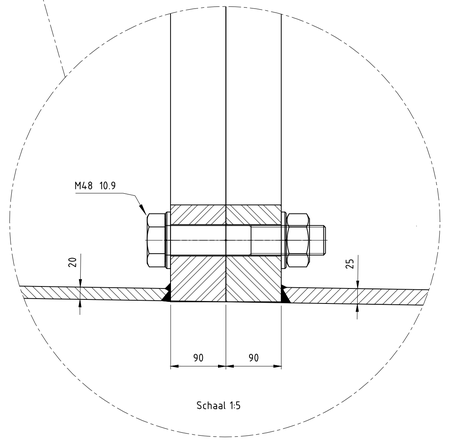
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/04 | A1

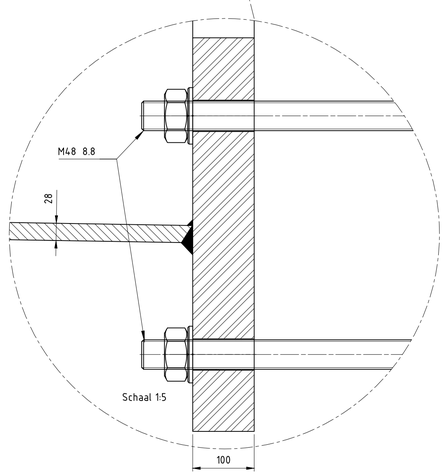
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

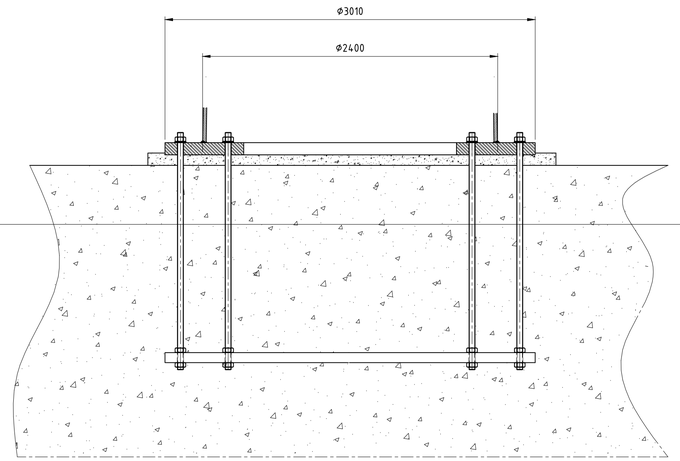




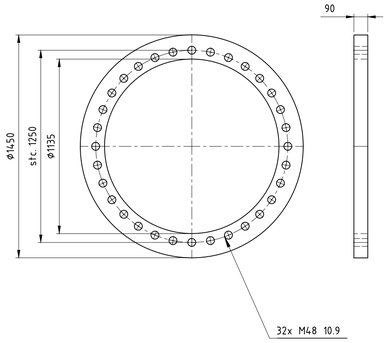
Schaal 1:5



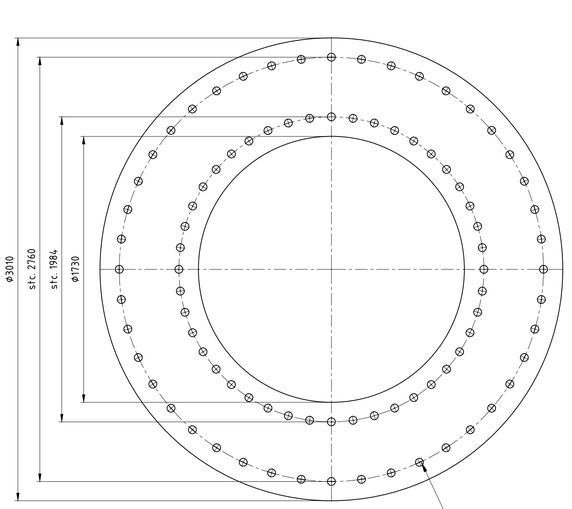
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

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

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+0

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

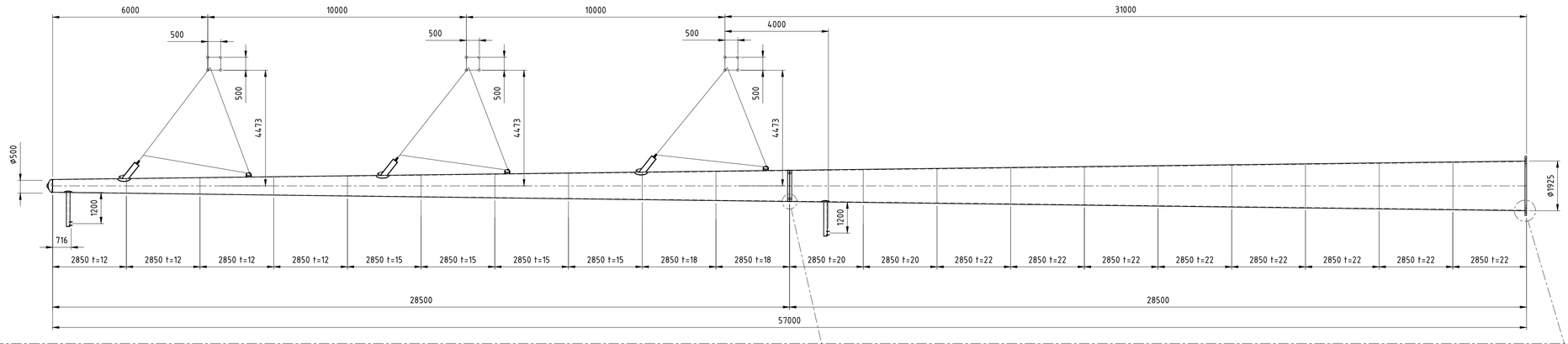
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

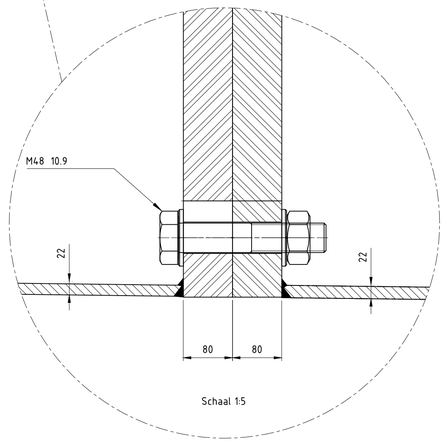
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/05 | A1

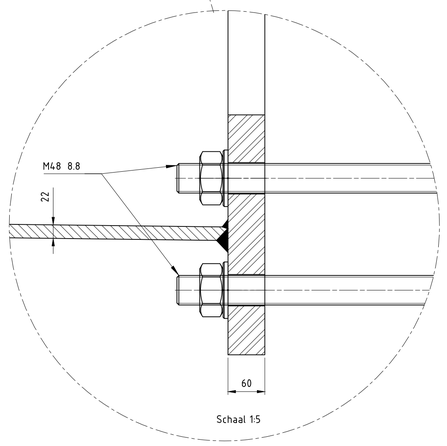
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

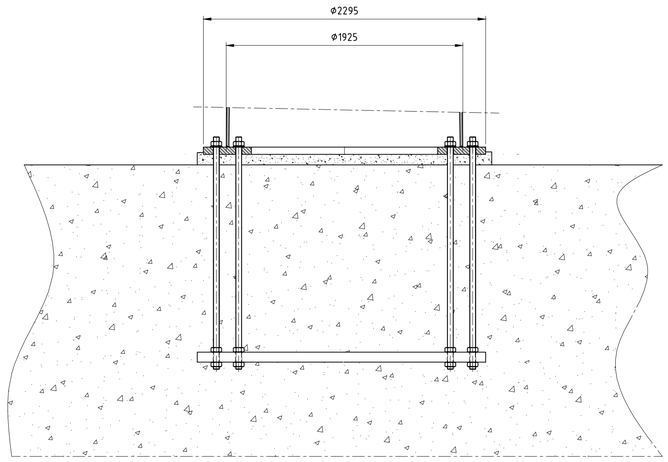




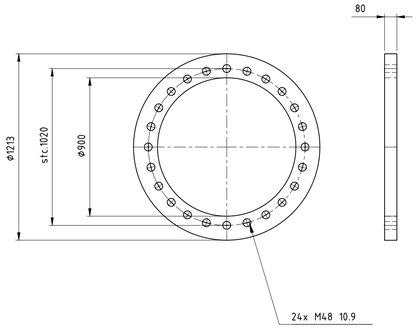
Schaal 1:5



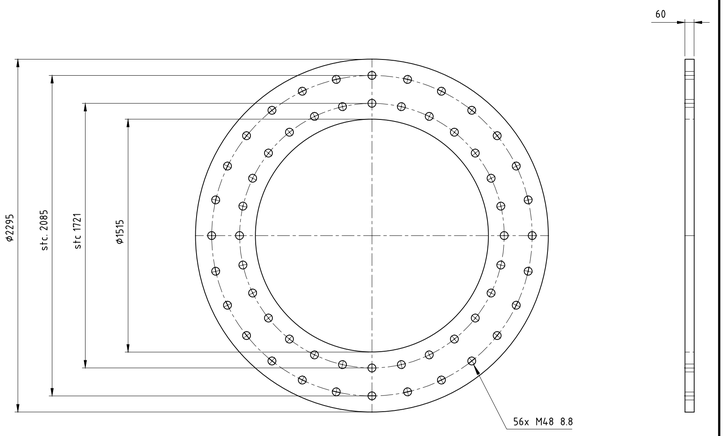
Schaal 1:5



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

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

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2S400+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/10 | A1

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

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

TenneT
Toking power further

Bijlage A3 - 1b

HHNK-WVlijn

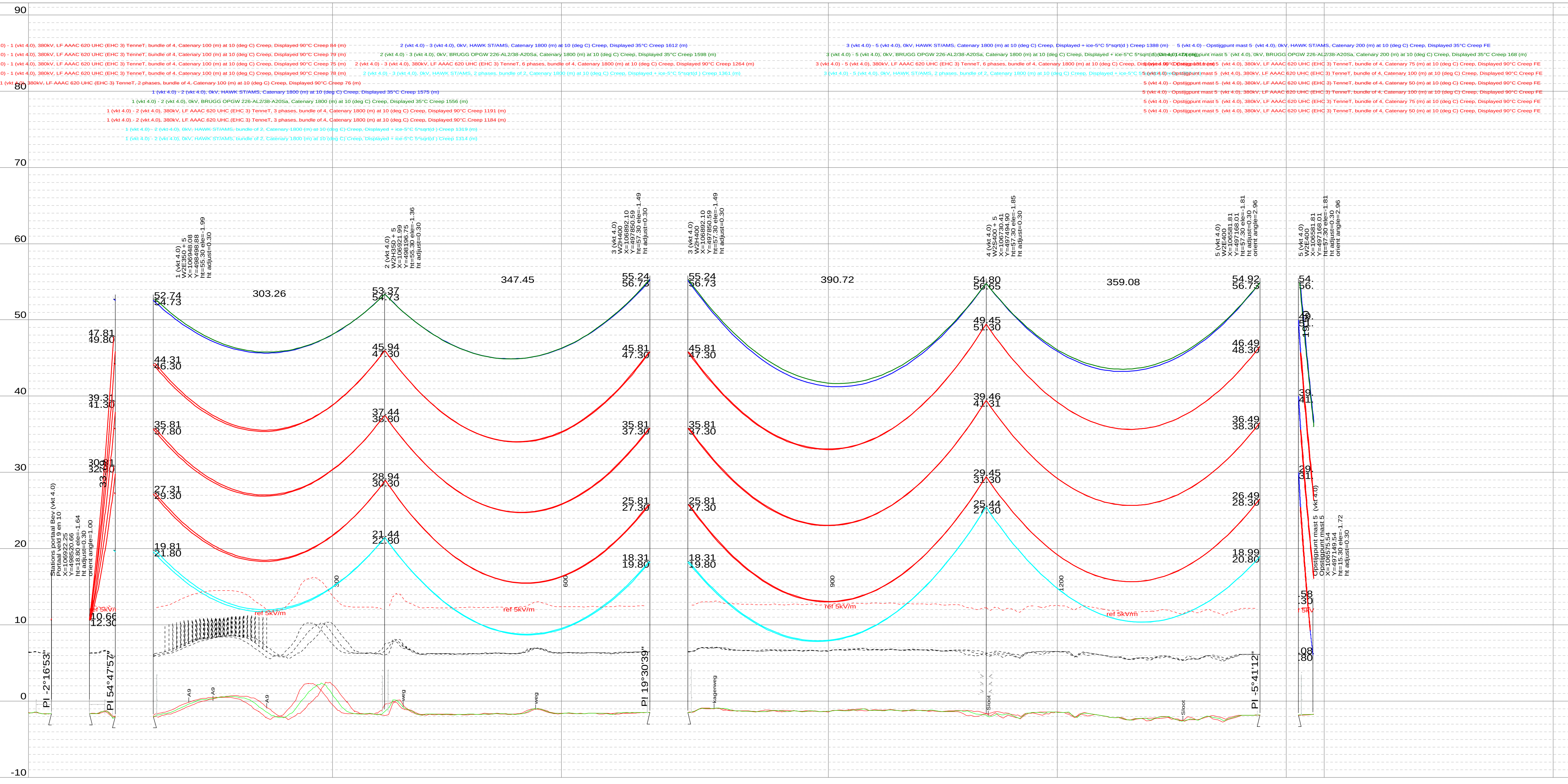
Lengteprofielen

Conversietabel

Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 4.0)
12	12 (vkt 4.0)
13	13 (vkt 4.0)
14	14 (vkt 4.0)
15	15 (vkt 4.0)
16	16 (vkt 4.0)
17	17 (vkt 4.0)
18	18 (vkt 4.0)
19	19 (vkt 4.0)
20	20 (vkt 4.0)

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)

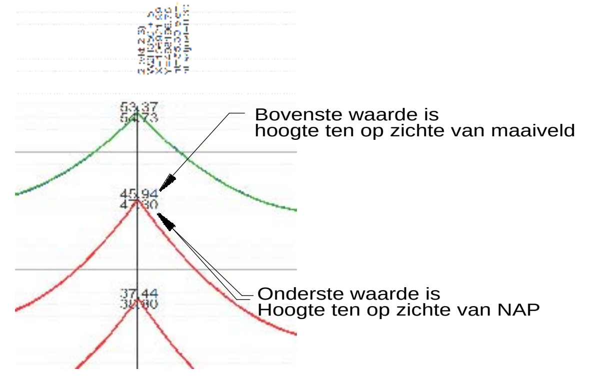


Legenda		Del :	0.72	0.72	1.0	1.0	1.37	1.37	1.92	1.92	3.1	3.1					
		Bundel :	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25					
Feat. Code	Feature Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 110kV (m)	Req Horiz Clear 110kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 220kV (m)	Req Horiz Clear 220kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)		EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	8.10	3.00	8.47	3.37	9.02	3.92	10.45	5.35		1.5	5.6	2.0	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85			7	2.0	0.5
3	Vegetatie		2.35	2.85	2.50	3.00	2.87	3.37	3.42	3.92	4.85	5.35		1.5		2.0	
4	Daken (helling > 15gr)		5.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85			2	2.0	0.5
5	Daken (helling < 15gr)		5.22	3.35	5.50	3.50	5.87	3.87	6.42	4.42	7.85	5.85			4	2.0	0.5
6	Wegen		8.95	2.85	9.10	3.00	9.47	3.37	10.02	3.92	10.45	5.35			6.6	2.0	0.5
7	Land- en argrarischewegen		7.95	3.35	8.10	3.50	8.47	3.87	9.02	4.42	11.45	5.85		1.5	6.6	2.0	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	10.50	3.50	10.87	3.87	11.42	4.42	12.85	5.85			9	2.0	0.5
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85			7	2.0	0.5
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	11.80	3.50	12.17	3.87	12.72	4.42	14.15	5.85			10.3	2.0	0.5
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	16.50	3.50	16.87	3.87	17.42	4.42	18.85	5.85		15		2.0	0.5
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	21.50	3.50	21.87	3.87	22.42	4.42	23.85	5.85		20		2.0	0.5
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	26.50	3.50	26.87	3.87	27.42	4.42	28.85	5.85		25		2.0	0.5
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	31.50	3.50	31.87	3.87	32.42	4.42	33.85	5.85		30		2.0	0.5
15	Water	W	6.95	3.35	7.10	3.50	7.47	3.87	8.02	4.42	9.45	5.85			5.6	2.0	0.5
15	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85			2	2.0	0.5

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 14 meter i.v.m. 5kV/m
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kV
Hoogspanningslijn:380kV Beverwijk - Vijfhuizen
Calculations accoording to EN50341-1 and EN50341-1-15 (NNA)
Wind zone: Zone 2
Vr =22.5 m/s
Zo(m) =0.2
Ct bij beijsde geleider =1.2
Ice region = B, 1.8*SQRT(D) voor de fasen
Ice region = A, 5*SQRT(D) voor de bliksemdraad
0

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



Hoogte aanduiding in lengteprofiel

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
-	-	-	-		
4.0	Verschuiving mast 33 versie VKT 4.0	10-8-2012	MLC	EGB	CS
3.2	Definitief	20-07-2012	AP	EGB	CS
3.2	mast type en mast locaties gewijzigd tussen mast 20 en 26	29-06-2012	AP	EGB	CS
		26-01-2012	RLo	AW	CS

KEMA Power lines

380/150kV Lijn Beverwijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast Stations portaal Bev (vkt 4.0) tot Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)

30.0 m Horiz. Scale
3.0 m Vert. Scale

A1+

TEK.NR. 30813059-50-001 VKT 4.0

1 van 4

Wijz 4.0

Printed at: 10-8-2012 ; 13:09:35

© 2011 KEMA Nederland B.V.

PLS-CADD Drawing

Legenda

Feat. Code	Feature Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 110kV (m)	Req Horiz Clear 110kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 220kV (m)	Req Horiz Clear 220kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del :	0.72	0.72	1.0	1.0	1.37	1.37	1.92	1.92	3.1	3.1				
		Bundel :	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	8.10	3.00	8.47	3.37	9.02	3.92	10.45	5.35	1.5	5.6	2.0	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85		7	2.0	0.5
3	Vegetatie		2.35	2.85	2.50	3.00	2.87	3.37	3.42	3.92	4.85	5.35	1.5		2.0	
4	Daken (helling > 15gr)		5.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85		2	2.0	0.5
5	Daken (helling < 15gr)		5.22	3.35	5.50	3.50	5.87	3.87	6.42	4.42	7.85	5.85		4	2.0	0.5
6	Wegen		8.95	2.85	9.10	3.00	9.47	3.37	10.02	3.92	10.45	5.35		6.6	2.0	0.5
7	Land- en argrarischewegen		7.95	3.35	8.10	3.50	8.47	3.87	9.02	4.42	11.45	5.85	1.5	6.6	2.0	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	10.50	3.50	10.87	3.87	11.42	4.42	12.85	5.85		9	2.0	0.5
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85		7	2.0	0.5
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	11.80	3.50	12.17	3.87	12.72	4.42	14.15	5.85		10.3	2.0	0.5
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	16.50	3.50	16.87	3.87	17.42	4.42	18.85	5.85	15		2.0	0.5
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	21.50	3.50	21.87	3.87	22.42	4.42	23.85	5.85	20		2.0	0.5
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	26.50	3.50	26.87	3.87	27.42	4.42	28.85	5.85	25		2.0	0.5
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	31.50	3.50	31.87	3.87	32.42	4.42	33.85	5.85	30		2.0	0.5
15	Water	w	6.95	3.35	7.10	3.50	7.47	3.87	8.02	4.42	9.45	5.85		5.6	2.0	0.5
15	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85		2	2.0	0.5

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 14 meter i.v.m. 5kV/m
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kV
Hoogspanningslijn:380kV Beverwijk - Vijfhuizen
Calculations accoording to EN50341-1 and EN50341-1-15 (NNA)
Wind zone: Zone 2
Vr =22.5 m/s
Zo(m) =0.2
Ct bij beijsde geleider =1.2
Ice region = B, 1.8*SQRT(D) voor de fasen
Ice region = A, 5*SQRT(D) voor de bliksemdraad
0

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

Hoogte aanduiding in lengteprofiel

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
-	-	-	-		
4.0	Verschuiving mast 33 versie VKT 4.0	10-8-2012	MLC	EGB	CS
3.2	Definitief	20-07-2012	AP	EGB	CS
3.2	mast type en mast locaties gewijzigd tussen mast 20 en 26	29-06-2012	AP	EGB	CS
		26-01-2012	RLo	AW	CS

KEMA Power lines

380/150kV Lijn Beverwijk - Vijfhuizen
Trace en lengte profiel mast Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0) tot 16 (vkt 4.0)

30.0 m Horiz. Scale | 3.0 m Vert. Scale | A1+ | TEK.NR. 30813059-50-001 VKT 4.0 | 2 van 4 | Wijz 4.0

Printed at: 10-8-2012 ; 13:09:45

© 2011 KEMA Nederland B.V.

Taking power further

Bijlage A3 - 16a

HHNK-WV lijn

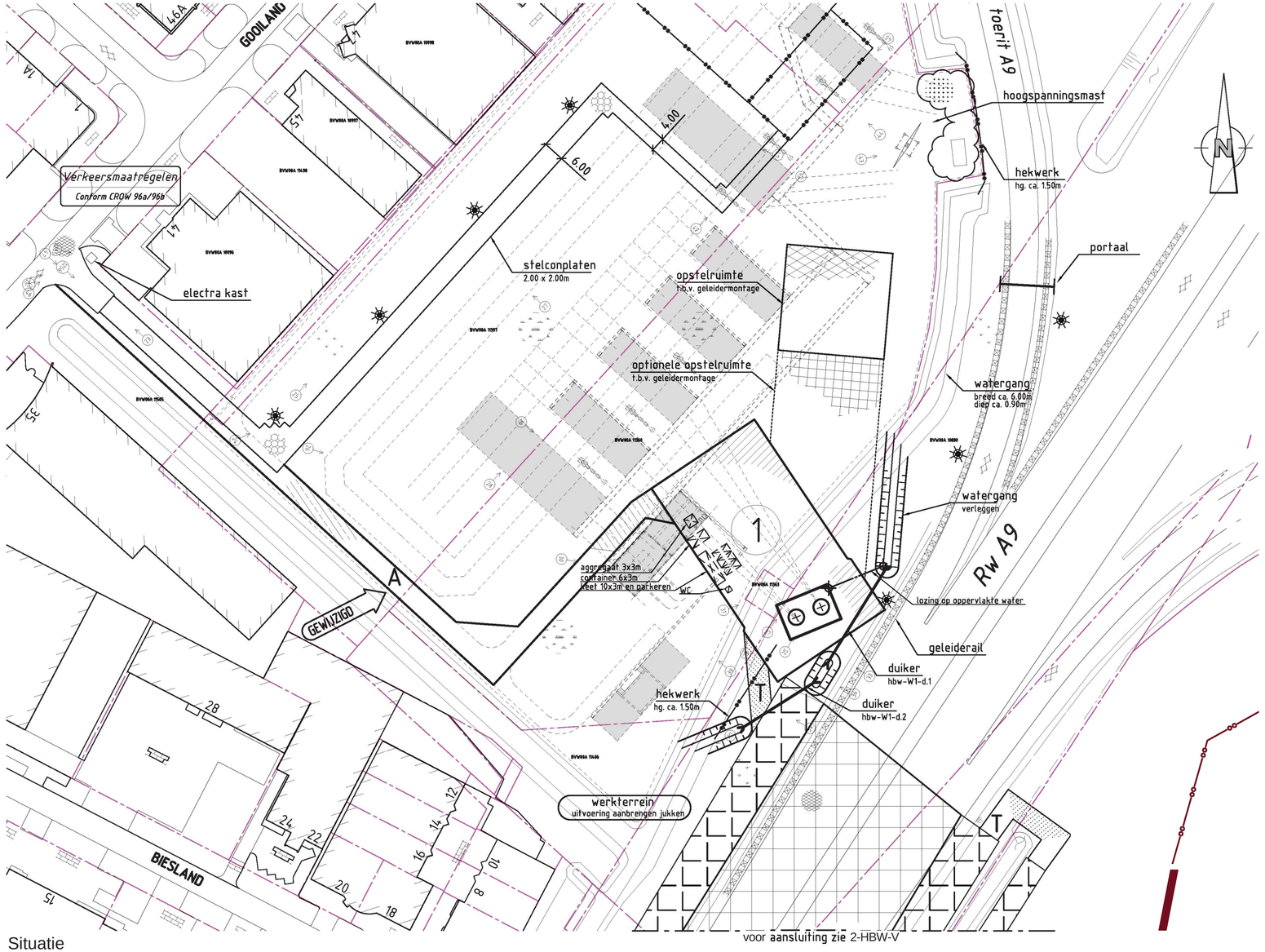
Tekeningen werkterreinen masten 1 *Um 5*

Conversietabel

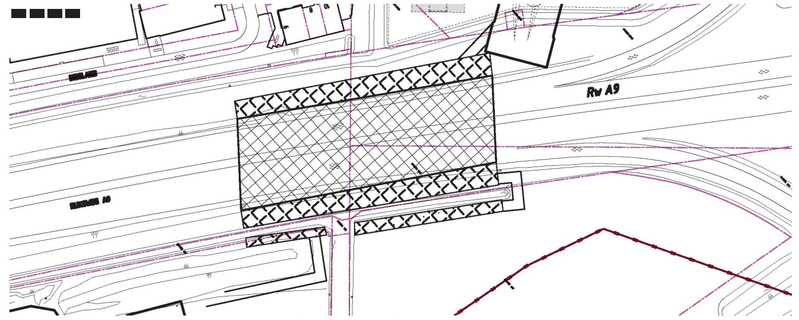
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 4.0)
12	12 (vkt 4.0)
13	13 (vkt 4.0)
14	14 (vkt 4.0)
15	15 (vkt 4.0)
16	16 (vkt 4.0)
17	17 (vkt 4.0)
18	18 (vkt 4.0)
19	19 (vkt 4.0)
20	20 (vkt 4.0)

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)



Situatie
schaal 1:1.000



Overzicht werkterrein jukken (150m×60m)
schaal 1:2.500

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 — hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 — noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVVM4 11097 — kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

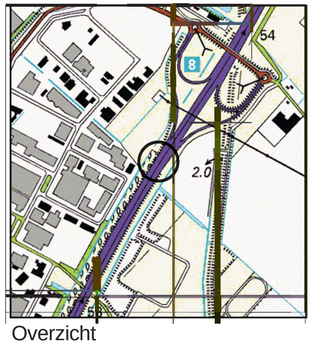
Mastgegevens

1a (vkf 4.0)

Type	: W2E3S0+S	
Masthoogte	: 55	[m]
Metrering	: 34	[m]
Maaiveld	: -1.988	[m]
Terrein	: A	
Coördinaten:	106944.57	
	498497.43	

1b (vkf 4.0)

Type	W2E3S0+S	
Masthoogte	55	[m]
Metrering	34	[m]
Maaiveld	-1.988	[m]
Terrein	A	
Coördinaten	106951.59	
	491500.33	



Overzicht
schaal 1:20.000

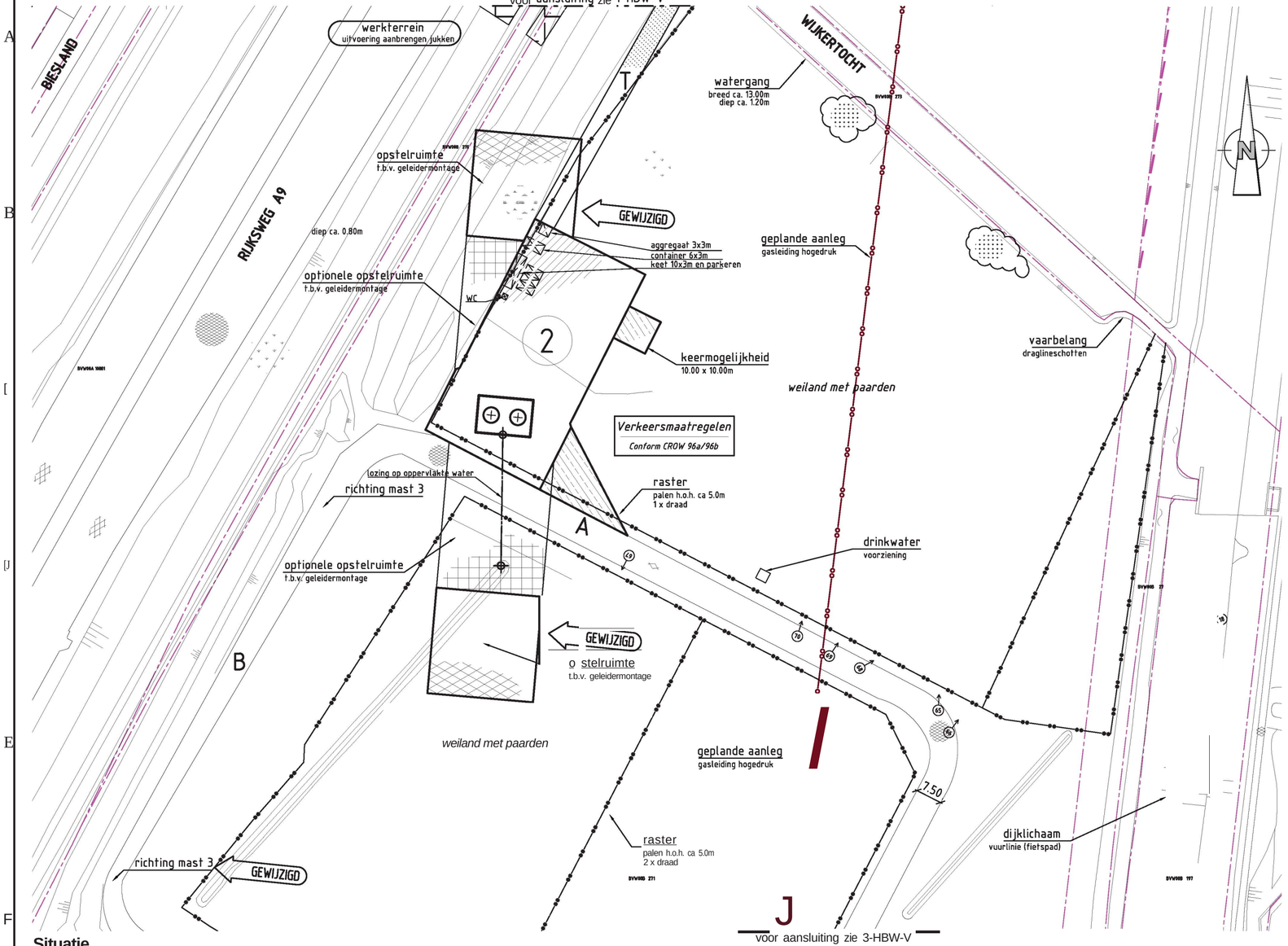
projekt **Randstad-Noord 380k V**

onderdeel Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 1
Gemeente Beverwijk / Waterschap Hollands Noorderkwartier

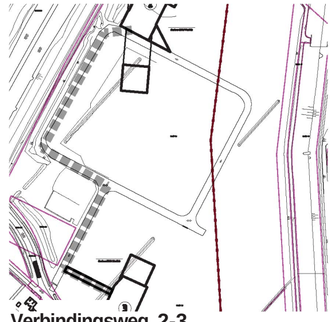
opdrachtgever VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer	van 48 bladen	versie	7.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	07-11-2012	07-11-2012	07-11-2012	formaat	A2.3		VO		1-HBW-V



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 2-3
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- OpStelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

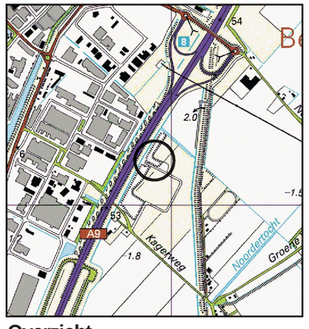
Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVVM4 11297 kadastergrens — met nummer

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

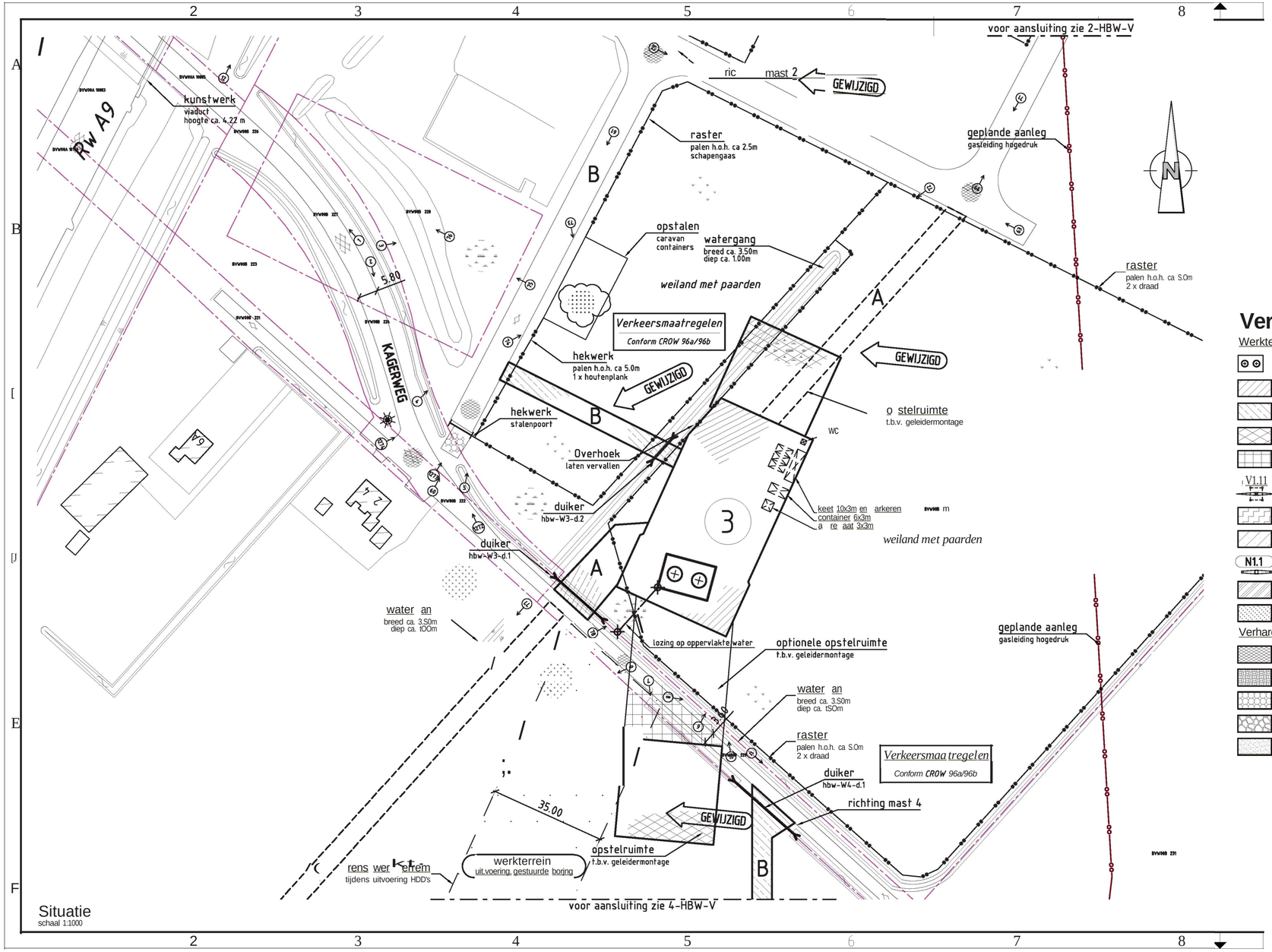
2a			2b		
Type	: W2H350+5		Type	: W2H350+5	
Paallengte	: 55	(m	Paallengte	: 55	(m
Gewicht	: 468204	(kg	Gewicht	: 468204	(kg
Diameter	: 240	(cm	Diameter	: 240	(cm
Metrering	: 368,4	(km	Metrering	: 368,4	(km
Maaiveld	: -1,358	(m	Maaiveld	: -1,358	(m
Coordinaten:	109911.21		Coordinaten:	109925.7	
	498197.09			498196.41	



Overzicht
schaal 1:20.000

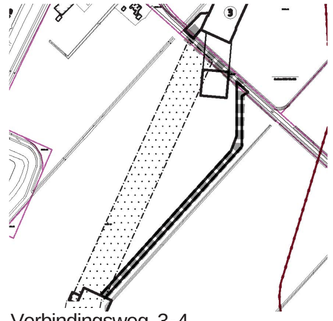
projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	**Vergunning aanvraag werkterrein**					
	Opstelplaatsen en bouwwegen					
	Situatie mast 2					
	Gemeente Beverwijk / Waterschap Hollands Noorderkwartier					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 2 van 48 bladen	versie	6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	project nr.	100699
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	tek.nr.	2-HBW-V
					VO	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 2-3
schaal 1:S.000



Verbindingsweg 3-4
schaal 1:S.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

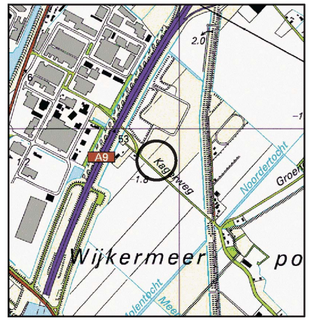
Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

3a	
Type	: W2H400
Paallengte	: 57 lm
Gewicht	: 288436 (kg)
Diameter	: 150 (cm)
Metrering	: 715,9 (km)
Maaiveld	: -1,489 lm
Coördinaten:	106888.43
	497851.57

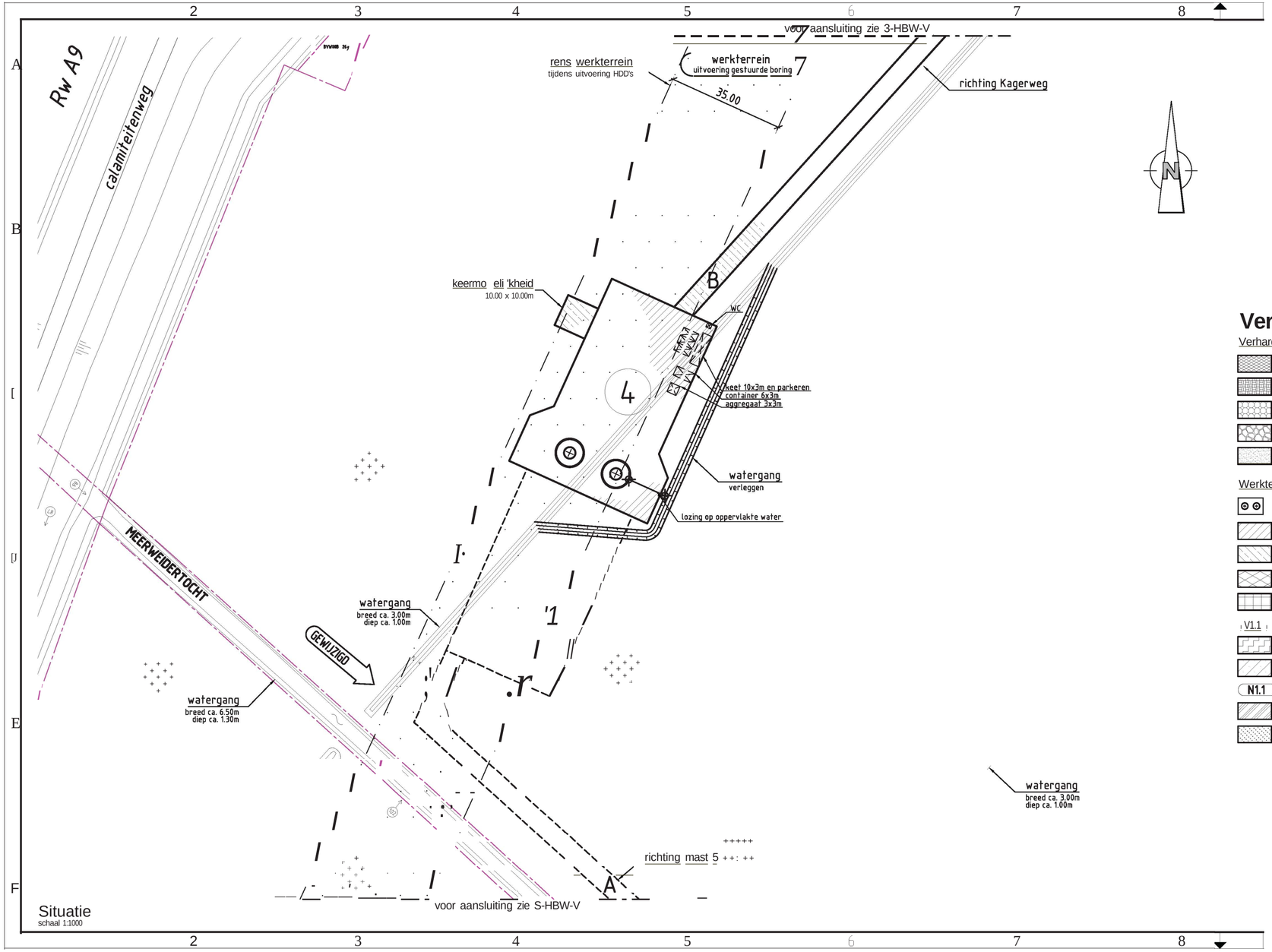
3b	
Type	: W2H400
Paallengte	: 57 (m)
Gewicht	: 288436 (kg)
Diameter	: 150 (cm)
Metrering	: 715,9 (km)
Maaiveld	: -1,489 (m)
Coördinaten:	106195.77
	497849.60

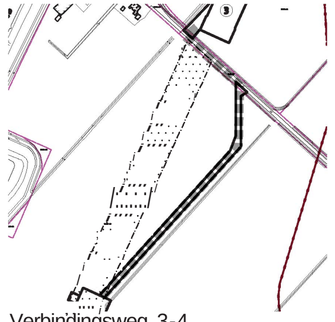


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 3 Gemeente Beverwijk / Waterschap Hollands Noorderkwartier						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 3 van 48 bladen	versie 6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO		3-HBW-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl





Verbindingsweg 3-4
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

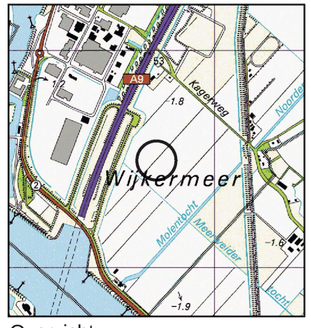
Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVWMA 11097 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

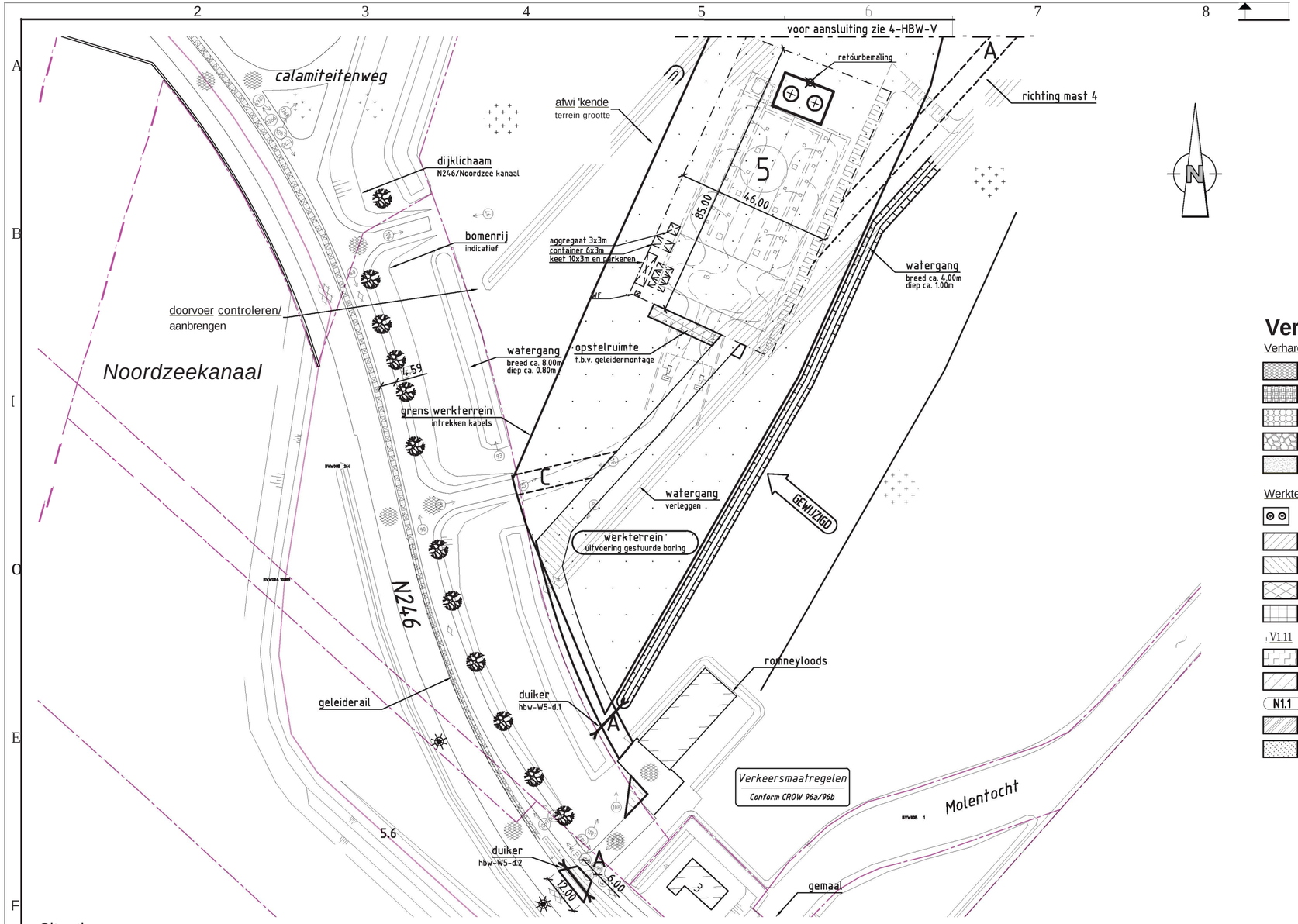
4a (vkf 4.0)			4b (vkf 4.0)		
Type	: W25400+5		Type	W25400+5	
Masthoogte	: 57	(m)	Masthoogte	57	(m)
Metrering	: 1075	(m)	Metrering	1075	(m)
Maaiveld	: -1.851	(m)	Maaiveld	-1.851	(m)
Terrein	: C		Terrein	C	
Coordinaten:	106723.4		Coordinaten	106737.42	
	497498.08			497491.71	



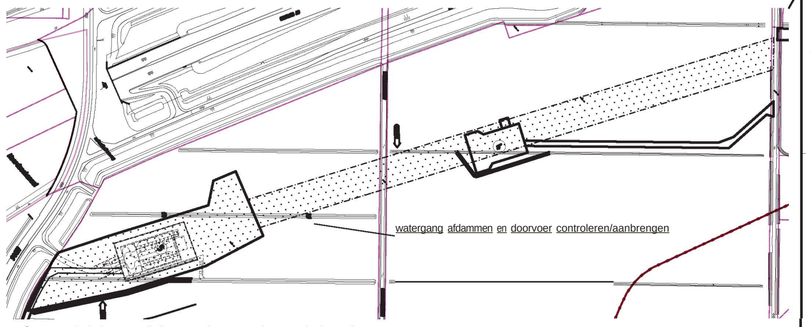
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 4 Gemeente Beverwijk / Waterschap Hollands Noorderkwartier						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 4 van 48 bladen	versie	7.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	07-11-2012	07-11-2012	07-11-2012	formaat A2.3	VO		4-HBW-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Overzicht werkterrein gestuurdeboring
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

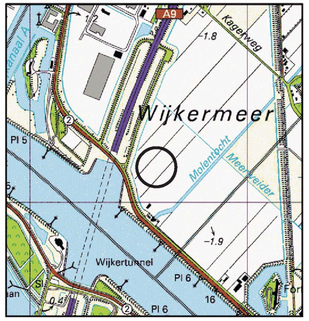
Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVWMA 11997 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

5a (vkf 4.0)			5b (vkf 4.0)		
Type	W2E400		Type	W2E400	
Masthoogte	57	(m)	Masthoogte	57	(m)
Metrering	1434	(m)	Metrering	1434	(m)
Maaiveld	-1.809	(m)	Maaiveld	-1.809	(m)
Terrein	A		Terrein	A	
Coordinaten	106727		Coordinaten	106585.34	
	497169.4			497166.62	



Overzicht
schaal 1:20.000

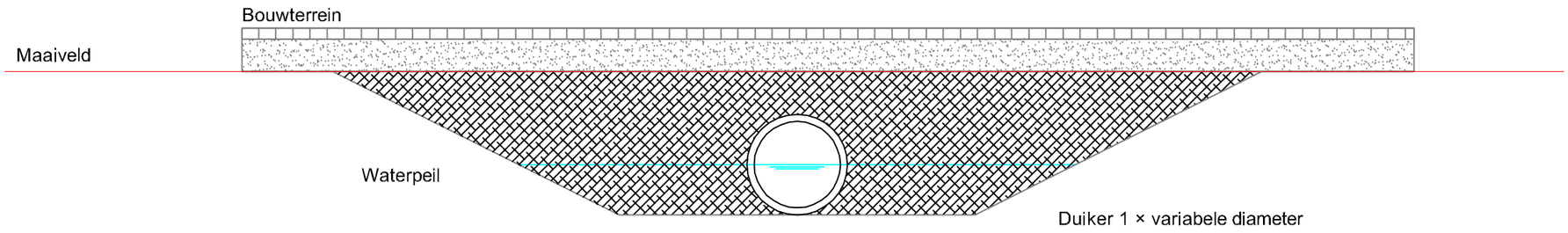
projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 5 Gemeente Beverwijk / Waterschap Hollands Noorderkwartier
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijs5en@avecodebondt.nl

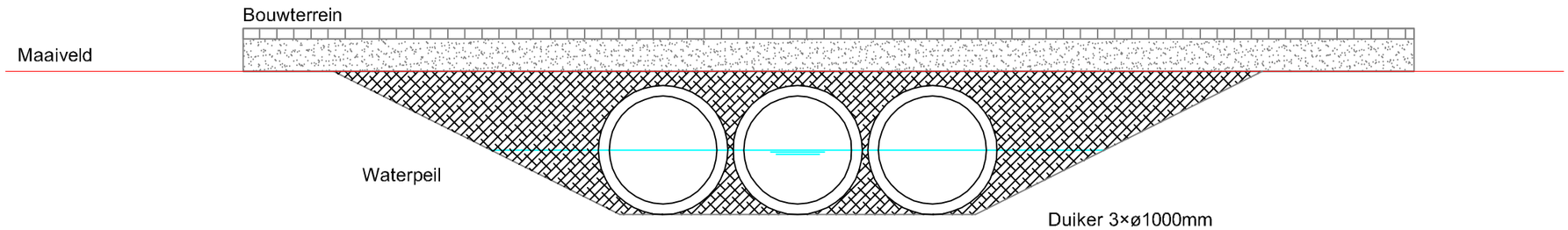
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 5 van 48 bladen	versie	7.1	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	07-11-2012	07-11-2012	07-11-2012	formaat A2.3		VO		S-HBW-V

Tekening	v6.0	diameter	lengte	opmerkingen	v5.0	v4.0	v3.3
mast 1	hbw-W1-d.1	600	45		hbw-W1-d.1	hbw-W1-d.1	hbw-W1-d.1
	hbw-W1-d.2	600	20		-	-	-
	hbw-W1-d.3	500	12	nieuw in versie 6	hbw-W1-d.2	hbw-W1-d.2	hbw-W1-d.2
mast 2	geen duikers				-	-	-
mast 3	hbw-W3-d.1	500	20		hbw-W3-d.1	hbw-W3-d.1	hbw-W3-d.1
	hbw-W3-d.2	*500*	12	nieuw in versie 6	hbw-W3-d.2	-	-
mast 4	hbw-W4-d.1	*500*	12		hbw-W4-d.1	hbw-W4-d.1	hbw-W4-d.1
mast 5	hbw-W5-d.1	500	12		hbw-W5-d.1	hbw-W5-d.1	hbw-W5-d.1
	hbw-W5-d.2	600	12		hbw-W5-d.2	hbw-W5-d.2	hbw-W5-d.2
mast 6	rvs-W6-d.1	geen duiker		vervallen, zie lijst	rvs-W6-d.1	rvs-W6-d.1	rvs-W6-d.1
mast 6a	geen duikers				-	-	-
mast 6b	geen duikers				-	-	-
mast 6c	rvs-V3-d.1	500	31	tbv verwijderen mast 3	rvs-V3-d.1	rvs-V3-d.1	rvs-V3-d.1
mast 6d	geen duikers				-	-	-
mast 7	geen duikers				-	rvs-W7-d.1	rvs-W7-d.1
mast 7a	rvs-V5-d.1			vervallen, bestaande duiker, zie lijst	rvs-V5-d.1	rvs-V5-d.1	rvs-V5-d.1
mast 7b	rvs-N2-d.1	*250*	13		rvs-N2-d.1	-	-
mast 8	rvs-W8-d.1	*250*	7		-	rvs-W8-d.1	rvs-W8-d.1
	rvs-W8-d.2	*250*	7		-	rvs-W8-d.2	rvs-W8-d.2
	rvs-W8-d.3	*250*	5	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-W8-d.4	*250*	5	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-V7-d.1	*250*	7	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-V7-d.2	*250*	7	nieuw in versie 6	-	-	-
mast 8a	rvs-N4-d.1	300	12		rvs-N4-d.1	-	-
	rvs-N4-d.2	*500*	12		rvs-N4-d.2	-	-
mast 9				vervallen	rvs-W9-d.1	rvs-W9-d.1	rvs-W9-d.1
	rvs-W9-d.2	500	12		rvs-W9-d.2	rvs-W9-d.2	rvs-W9-d.2
	rvs-W10-d.3	300	9		rvs-W10-d.3	rvs-W10-d.3	rvs-W10-d.3
	rvs-N6-d.3	*500*	12	500 volgens rvs-N6-d.1 van v3.3	-	-	-
mast 9a				vervallen	rvs-N6-d.1	rvs-N6-d.1	rvs-N6-d.1
				vervallen	rvs-N6-d.2	-	-
	rvs-W10-d.2	300	12		rvs-W10-d.2	rvs-W10-d.2	rvs-W10-d.2
mast 10	rvs-W10-d.1	300	12		rvs-W10-d.1	rvs-W10-d.1	rvs-W10-d.1
	rvs-W11-d.2	300	12		rvs-W11-d.2	rvs-W11-d.2	rvs-V10-d.3
	rvs-W11-d.3	3 x 1000	12		rvs-W11-d.3	rvs-W11-d.3	rvs-W11-d.2
	rvs-W11-d.4	300	15		rvs-W11-d.4	-	rvs-W11-d.3
	rvs-N10-d.1	*300*		300 volgens rvs-W11-d.4 van v5.0	rvs-N10-d.1	rvs-N10-d.1	rvs-N10-d.1
mast 11	rvs-W11-d.1	250	12		rvs-W11-d.1	rvs-W11-d.1	rvs-W11-d.1
	rvs-V10-d.1	250	18		rvs-V10-d.1	-	rvs-V10-d.1
	rvs-N12-d.1	*3 x 1000*	12		rvs-N12-d.1	rvs-n12-d.1	-
mast 12	rvs-W12-d.1	*300*			rvs-W12-d.1	rvs-W12-d.1	rvs-W12-d.1
				vervallen	rvs-W12-d.2	rvs-W12-d.2	-
	rvs-V11-d.1	*vervallen*		greppel	rvs-V11-d.1	-	-
	rvs-V11-d.2	*vervallen*		greppel	rvs-V11-d.1	-	-
mast 13	rvs-W12-d.3	250	10		rvs-W12-d.3	rvs-W12-d.3	rvs-N14-d.1
	rvs-W13-d.1	500	10		rvs-W13-d.1	rvs-W13-d.1	rvs-W13-d.1
mast 14	geen duikers				-	-	-
mast 15	geen duikers				-	-	-
mast 15a	rvs-W15-d.1	3 x 1000	12		rvs-W15-d.1	rvs-W14-d.1	rvs-W15-d.1
	rvs-W15-d.2	300	12		rvs-W15-d.2	rvs-W14-d.2	rvs-W14-d.1
	rvs-W15-d.3	*300*	12	300 volgens rvs-W15-d.2 van v6.0	-	-	-
mast 16	rvs-V15-d.1	300	30		rvs-V15-d.1	rvs-V15-d.1	rvs-V15-d.1
mast 17	rvs-W17-d.1	250	14		rvs-W17-d.1	rvs-W17-d.1	rvs-W17-d.1
	rvs-W17-d.2	800	42		rvs-W17-d.2	rvs-W17-d.2	rvs-W17-d.2
				vervallen	-	rvs-W17-d.3	-
mast 18				vervallen	rhl-W18-d.1	rhl-W18-d.1	-
				vervallen	rhl-V17-d.1	-	rhl-W18-d.1
mast 19	rhl-W19-d.1	600	13		rhl-W19-d.1	rhl-W19-d.1	rhl-W19-d.1
mast 20	rhl-W20-d.1	800	12	bestaande duiker	rhl-W20-d.1	rhl-W20-d.1	rhl-W20-d.1
	rhl-V18-d.1	3 x 1000	12		rhl-V18-d.1	rhl-V18-d.1	rhl-V18-d.1
mast 21	rhl-W21-d.1	600	20		rhl-W21-d.1	rhl-W21-d.1	rhl-W21-d.1
	rhl-W21-d.2	600	20		rhl-W21-d.2	rhl-W21-d.2	rhl-W21-d.2
				vervallen	rhl-W21-d.3	rhl-W21-d.3	rhl-W21-d.3
				vervallen	rhl-W21-d.4	rhl-W22-d.4	rhl-W22-d.4
				vervallen	rhl-W22-d.1	-	rhl-V20-d.2
				vervallen	rhl-W22-d.2	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.3	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.4	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.5	-	-
	rhl-W22-d.1	*300*	12		-	-	-
	rhl-W22-d.2	*300*	12		-	-	-
	rhl-V20-d.1	*300*	26	300 volgens rvs-V20-d.1 van v5.0	-	-	-
mast 22	rhl-W22-d.3	300	12	zie optimalisatie	rhl-V20-d.1	rhl-V20-d.1	rhl-V20-d.1
	rhl-W22-d.4	*300*	12	geen duiker in wateromlegging	-	-	-
mast 23	rhl-V21-d.1	300	10		rhl-V21-d.1	rhl-V21-d.1	rhl-V21-d.1
	rhl-V21-d.2	*300*		300 volgens rhl-V21-d.1 v5.0	rhl-V21-d.2	rhl-V21-d.2	rhl-V21-d.2
mast 23a	rhl-W24-d.1	300	12	(rhl-W23-d.1)	rhl-W24-d.1	rhl-W23-d.3	rhl-W23-d.3

Tekening	v6.0	diameter	lengte	opmerkingen	v5.0	v4.0	v3.3
	rhl-W24-d.2	250	12	(rhl-W23-d.2)	rhl-W24-d.2	rhl-W23-d.2	rhl-W23-d.2
	rhl-W24-d.3	800	12	(rhl-W23-d.3)	rhl-W24-d.3	rhl-W23-d.1	rhl-W23-d.1
	-				-	rhl-W24-d.1	rhl-W24-d.1
mast 24	rhl-W25-d.1	300	12	(rhl-W24-d.1), zie optimalisatie	-	-	-
	rhl-W25-d.2	300	12	(rhl-W24-d.2)	rhl-W25-d.1	rhl-W24-d.2	rhl-W24-d.2
	rhl-W25-d.3	*300*	12	(rhl-W24-d.3) 300 volgens rhl-W25-d.1 van v6.0	rhl-W25-d.2	rhl-W24-d.3	rhl-W24-d.3
	rhl-V23-d.1	draglineschotten		draglineschotten	rhl-V23-d.1	rhl-V23-d.1	rhl-V23-d.1
mast 25	geen duikers			vervallen	rhl-W26-d.1	-	-
mast 26	rhl-W26-d.1	*500*	26		rhl-W27-d.1	-	-
	rhl-V25-d.1	300	12		rhl-V25-d.1	rhl-V25-d.1	rhl-V25-d.1
mast 27	rhl-W27-d.1	300	12		rhl-W28-d.1	rhl-W27-d.1	rhl-W27-d.1
mast 28	rhl-W27-d.2	300	12		rhl-W28-d.2	rhl-W27-d.2	rhl-W27-d.2
	rhl-W28-d.1	300	12		rhl-W29-d.1	rhl-W28-d.1	rhl-W28-d.1
	rhl-V27-d.1	300	20		rhl-V27-d.1	rvs-V27-d.1	rvs-V27-d.1
mast 29	rhl-W28-d.2	300	12		rhl-W29-d.2	rhl-W28-d.2	rhl-W28-d.2
	rhl-W28-d.3	250	14		rhl-W29-d.3	rhl-W28-d.3	rhl-W28-d.3
	rhl-W28-d.4	300	12		rhl-W29-d.4	rhl-W28-d.4	rhl-W28-d.4
	rhl-W28-d.5	250	12		rhl-W29-d.5	rhl-W28-d.5	rhl-W28-d.5
					-	rhl-W28-d.6	-
					-	rhl-W29-d.1	-
					-	rhl-W29-d.2	-
	rhl-W29-d.1	3 x 1000	12	of brug	rhl-W30-d.1	rhl-W30-d.1	rhl-W28-d.6
	rhl-V28-d.1	300	12		rhl-V28-d.1	rhl-V28-d.1	rhl-V28-d.1
mast 30	rhl-W29-d.2	300	12		rhl-W30-d.2	-	rhl-W29-d.1
	rhl-W30-d.1	*300*		300 volgens rhl-W30-d.1 v3.3	rhl-W31-d.1	rhl-W31-d.1	-
	rhl-W30-d.2	300	12		rhl-W31-d.2	-	rhl-W29-d.2
	rhl-W30-d.3			vervallen, bestaande duiker	rhl-W31-d.3	-	-
mast 31	rhl-W31-d.2	600	12		rhl-W32-d.2	rhl-W31-d.3	rhl-W31-d.3
	rhl-W31-d.3	250	12		rhl-W32-d.3	rhl-W31-d.4	rhl-W31-d.4
	rhl-W31-d.4	300	12		rhl-W32-d.4	rhl-W31-d.5	rhl-W31-d.5
	rhl-W31-d.5	300	12		rhl-W32-d.5	rhl-W31-d.6	rhl-W31-d.6
mast 32	rhl-W31-d.1	300	12		rhl-W32-d.1	rhl-W31-d.2	rhl-W31-d.2
	rhl-W32-d.1	*500*	26		rhl-W33-d.1	-	-
	rhl-W32-d.2	*250*	20		rhl-W33-d.2	-	-
	rhl-W32-d.3	*250*	10		rhl-W33-d.3	-	-
	rhl-W32-d.4	300	12		rhl-W33-d.4	-	rhl-W31-d.1
	rhl-V30-d.1	*300*		300 volgens rhl-W31-d.1 v3.3	rhl-V30-d.1	-	-
	rhl-V30-d.2	300	12		rhl-V30-d.2	-	rhl-W31-d.1
	rhl-N31-d.1	*250*	12		rhl-N31-d.1	-	-
	rhl-N32-d.1	*250*	12		rhl-N32-d.1	-	-
	rhl-N32-d.2	*250*	12		rhl-N32-d.2	-	-
mast 33	rhl-W33-d.1	300	12		rhl-W34-d.1	rhl-W32-d.1	rhl-W32-d.1
	rhl-W33-d.2	300	12		rhl-W34-d.2	rhl-W32-d.2	rhl-W32-d.2
	rhl-N33-d.1	300	12		rhl-N33-d.1	?	rhl-N19-d.1
	rhl-N33-d.2	300	12		rhl-N33-d.2	?	rhl-N19-d.2
mast 34	geen duikers				-	-	-
mast 35	geen duikers				-	-	-
mast 36	geen duikers				-	-	-
mast 37	rhl-N41-d.1	*500*	54		rhl-N41-d.1	-	-
mast 38	rhm-W38-d.1	draglineschotten		draglineschotten	rhm-W39-d.1	rhm-W37-d.1	rhm-W37-d.1



Principe profiel 1



Principe profiel 2

1	25-07-2012	Eerste uitgave	rokl6
Versie nr.	Datum:	Toelichting op de versie:	Getekend:

heijmans Heijmans Wegen B.V.
Zaandammerweg 14 1566 PG Assendelft
Postbus 43 1566 ZG Assendelft
T +31(0)75 687 22 22 F +31(0)75 687 34 59

Tennet TSO

Limaweg 51 2743 CC Waddinxveen
Postbus 718 6800 AS Arnhem
(026) 373 11 12 (026) 373 11 11

heijmans
Zaandammerweg 14 1566 PG Assendelft
Postbus 43 1566 ZG Assendelft
I www.heijmans.nl
T +31 (0)75 687 22 22 F +31 (0)75 687 34 59

CONCEPT

Tennet TSO
Randstad

Principe profielen
Duikers

Concept

Schaal:	1:50	Getekend:	rokl6
Formaat:	A4	Verificatie:	nipa
Projectnr.:	160380	Authorisatie:	nipa
		Gemeten:	-

Tekeningnr. 160380-P1

Bestandslocatie:C:\Documents and Settings\rokl6\Desktop\Temp\160380\160380-P1 Principe profielen duiker.dwg