Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Haarlemmermeer
T.a.v. mevr. C. Bakhuijsen
Raadhuisplein 1
2132 TZ Hoofddorp

DATUM	17 september 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0024406 GH-OMGV lijn
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	9

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

Geachte mevrouw Bakhuijsen,

Hierbij ontvangt u een aanvraag omgevingsvergunning in het kader van artikel 2.1 eerste lid en 2.2 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht 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 de volgende werkzaamheden uit te voeren:

- Aanleggen van tijdelijke uitritten ten behoeve van tijdelijke werkterreinen;
- Bouwen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (mast 37, 38 en 39);

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 eerste lid en 2.2 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht 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 rijkscoördinatieregeling 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)

GE1001DD.UN1008

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 maken onderdeel uit van deze aanvraag:

0 Aanvraagformulier omgevingsvergunning

1 Algemeen
Bijlage 1.1 Tracékaart Randstad 380 kV Noordring
Bijlage 1.2 Kadastrale kaart

2 Uitrit
Bijlage 2.1 Tekening uitrit
Bijlage 2.2 Detailtekening werkterreinen / werkwegen

3 Bouwen
Bijlage 3.1 Constructietekeningen en berekeningen masten
Bijlage 3.2 Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties
Bijlage 3.3 Lengteprofielen
Bijlage 3.4 Schets obstakelverlichting en markeringen

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

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

Wij verzoeken u om in de vergunning te bepalen dat de gegevens en bescheiden als bedoeld in artikel 2.7 lid 1 Mor uiterlijk binnen een termijn van 3 weken voor de start van de uitvoering van de desbetreffende handeling worden overgelegd. Voorts verzoeken wij u om in de vergunning ingevolge artikel 2.7 lid 3 Mor te bepalen dat gegevens en bescheiden, op grond van artikel 2.4 (o.a. bouwveiligheidsplan) en 2.5 (vanuit redelijke eisen van welstand; principedetails van gezichtsbepalende delen van het bouwwerk, vanwege de verdere uitwerking van de obstakelverlichting en markering) van het Mor binnen een termijn van drie weken voor de start van de uitvoering van de desbetreffende handeling worden overgelegd.

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

GE1001DD.UN1008

contactgegevens).
Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met de heer M.C. Bernardina van Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 6530.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

I.F.M. (Isidoor) Hermans
Projectmanager Randstad 380

QE1001DD UN1008

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmermeer
T.a.v. mevrouw Bakhuijsen
Postbus 250
2130 AG HOOFDDORP

DATUM	20 december 2012
UW REFERENTIE	2012-0022821
ONZE REFERENTIE	000.007.40.0049395
BEHANDELD DOOR	Wenda van Dijk
TELEFOON DIRECT	026 373 29 75
E-MAIL	Wenda.van.Dijk@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	2

BETREFT Aanpassing aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Bakhuijsen,

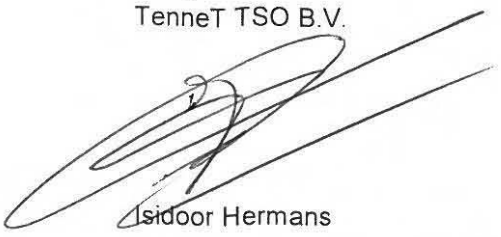
Ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380kV heeft u op 17 september jl. een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een aantal 380kV wintrackmasten, het bouwen van tijdelijke noodlijnen en het aanleggen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen.

In de periode tussen de indiening van de aanvraag en heden heeft diverse malen overleg plaatsgevonden tussen uw gemeente, de gemeente Haarlemmerliede en Spaarnwoude, de ministeries van EZ en I&M en de Inspectie Leefomgeving en Transport (IL&T) inzake de voorgeschreven obstakelmarkeringen en verlichtingen op en aan de masten met nummer 30 t/m 36 vanwege de nabijheid van Schiphol. Na afweging van de diverse voorliggende varianten heeft IL&T een sterke voorkeur uitgesproken voor de variant 1, waarin de masten worden voorzien van rood-witte banden (voor de dagperiode) en vast brandende rode verlichting (voor de nachtperiode). De ministers van EZ en I&M hebben u laten weten in het kader van de vliegveiligheid deze voorkeur te zullen volgen. Wij zenden u derhalve bijgaand de aangepaste tekeningen van de betreffende masten 30 t/m 36.

Bijgaand ontvangt u naar aanleiding van het voorgaande traject deze aangepaste tekeningen, welke in de aanvraag zijn opgenomen als bijlage 3.5. Vriendelijk verzoeken wij u de eerder ontvangen bijlage 3.5 te vervangen door bijgaande bijlage. Ter onderbouwing zenden wij u de brief van de Inpectie Leefomgeving & Transport van 13 december jl., waarin de voorkeur voor de betreffende variant wordt onderbouwd.

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

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.



Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmermeer
T.a.v. mevr. C. Minck
Postbus 250
2130 AG HOOFDDORP

DATUM	15 januari 2013
UW REFERENTIE	2012-0022821
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0078901
BEHANDELD DOOR	Brechje van Densen
TELEFOON DIRECT	026 373 32 79
E-MAIL	Brechje.van.Densen@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	1

BETREFT Aanvulling aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Minck,

Hierbij ontvangt u aanvullende tekeningen behorende bij de aanvraag omgevingsvergunning, bij u geregistreerd onder nummer 2012-0022821, voor het bouwen van 3 masten (mast 37, 38 en 39) en aanleggen van tijdelijke uitritten ten behoeve van tijdelijke werkterreinen. De aanvullende tekeningen hebben betrekking op het bouwen van de 3 masten. De aanvulling betreft de toevoeging van de klimrail/high step (een voorziening ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden). Deze voorziening is abusievelijk op de eerdere tekeningen niet opgenomen.

Bijlage 3.5 – Aanzicht klimrail/high step aan Wintrackmast

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmermeer
T.a.v. mevr. C. Minck
Postbus 250
2130 AG HOOFDDORP

DATUM	4 februari 2013
UW REFERENTIE	2012-0022821
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0085555
BEHANDELD DOOR	Brechje van Densen
TELEFOON DIRECT	026 373 32 79
E-MAIL	Brechje.van.Densen@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	2

BETREFT Wijziging aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Minck,

Hierbij ontvangt u naar aanleiding van uw verkeerskundige opmerkingen d.d. 22-01-2013 twee gewijzigde tekeningen behorende bij de aanvraag omgevingsvergunning, bij u geregistreerd onder nummer 2012-0022821, voor het bouwen van 3 masten (mast 37,38 en 39) en aanleggen van tijdelijke uitritten ten behoeve van tijdelijke werkterreinen. Uw opmerkingen hebben betrekking op het aspect tijdelijke uitritten.

Uw verzoek is de uitrit op de Zwanenburgerdijk ten behoeve van de verkeersveiligheid richting het oosten en haaks op de weg te verplaatsen. Wij kunnen aan dit verzoek tegemoet komen en hebben de tekening in bijlage 2.1 en de tekening in bijlage 2.2 overeenkomstig uw verzoek gewijzigd. Het verzoek is de inhoud van de genoemde bijlagen in uw dossier te vervangen door bijgevoegde tekeningen.

Uw overige opmerkingen zijn ons inziens van een meer uitvoeringstechnische aard. Wij geven uw opmerkingen inzake het handhaven van de fietssuggestiestroken en het rekening houden met de diverse ter plaatse aanwezige lichtmasten aan de aannemer mee als uitvoeringsvoorwaarden.

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd,

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

GH-OMGV lijn

Aanvraag omgevingsvergunning
Randstad 380kV Noordring
Beverwijk Vijfhuizen

Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer **Datum ontvangst**

Formulierversie
2012.01

Aanvraaggegevens

Let op: vul het formulier alstublieft volledig in.

Aanvraagnummer -

Aanvraagnaam -

Uw referentiecode -

Ingediend op -

Projectomschrijving -

Gefaseerd

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Uitrit aanleggen of veranderen

- Uitrit aanleggen of veranderen

Overig bouwwerk bouwen

- Bouwen

Bijlagen

Nawoord en ondertekening

Formulierversie
2012.01

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-vestigingsnummer: 09155985

Statutaire naam: TenneT TSO BV

Handelsnaam: TenneT TSO BV

2 Contactpersoon

Geslacht: ☒ Man ☐ Vrouw

Voorletters: I.F.M

Voorvoegsels:

Achternaam: Hermans

Functie: Projectmanager Randstad 380 kV

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode: 6812 AR

Huisnummer: 310

Huisnummertoevoeging:

Straatnaam: Utrechtseweg

Woonplaats: Arnhem

Adres:

4 Correspondentieadres

Adres: Postbus 718
6800 AS Arnhem

5 Contactgegevens

Telefoonnummer: 026 373 1555

Faxnummer:

E-mailadres: Sara.Zehenpfenning@tennet.eu

Adres berichtenbox:

Formulierversie
2012.01

Locatie

1 Locatieaanduiding

Locatie waar de werkzaamheden plaatsvinden

- ☐ Adres
- ☒ Kadastraal perceelnummer
- ☐ Locatie op Noordzee, Waddenzee of IJsselmeer

2 Adres

Postcode: Hoogspanningsverbinding ten zuiden van de noordelijke Ringvaart, zie tekening bijlage 1.2

Huisnummer:

Huisnummertoevoeging:

Straatnaam:

Plaatsnaam:

Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?

- ☒ Ja > *Specificeer hieronder de locatie(s)*
- ☐ Nee

Specificatie locatie:

Toelichting op locatie:

3 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente: Haarlemmermeer

Kadastrale gemeente: -

Kadastrale sectie: Zie bijlage 1.2

Kadastraal perceelnummer:

Bouwplannaam

Bouwnummer

Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?
- [x] Ja
- [ ] Nee

Specificatie locatie

Toelichting op locatie

4 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel
- [ ] U bent eigenaar van het perceel
- [ ] U bent erfpachter van het perceel
- [ ] U bent huurder van het perceel
- [x] Anders

Uw belang bij deze aanvraag: TenneT is initiatiefnemer van het project.Gesprekken om zakelijk recht te vestigen worden momenteel gevoerd

5 Aanvulling locatieaanduiding

RD coördinaten

X-coördinaat: Zie bijlage 1.2

Y-coördinaat

UTM ED50 coördinaten

UTM-zone
- [ ] 31
- [ ] 32

N-coördinaat

E-coördinaat

ETRS89 / WGS84 Coördinaten

Invoerwijze
- [ ] Graden.decimale graden
- [ ] Graden.minuten.decimale minuten
- [ ] Graden.minuten.seconden.decimale seconden

Lengte

Breedte

Kilometerraai

Rivier of kanaal

Kilometering

Zijde
- [ ] Noorden (N)
- [ ] Zuiden (Z)
- [ ] Oosten (O)
- [ ] Westen (W)
- [ ] Links (Li)
- [ ] Rechts (Re)

6 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie: Zie bijlage 1.2

Formulierversie
2012.01

Uitrit aanleggen of veranderen

1 Uitrit op provinciale weg

Betreft het een in- of uitrit op een provinciale weg?

- ☐ Ja
- ☒ Nee

2 Uitrit aanleggen of veranderen

Wat wilt u precies gaan doen?

- ☒ Een nieuwe in- of uitrit aanleggen
- ☐ Een bestaande in- of uitrit veranderen
- ☐ Anders

Omschrijf wat u wilt gaan doen.

Aanleg van een tijdelijke uitrit tbv een tijdelijke werkweg voor de realisatie van de hoogspannings-verbinding

Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.

Aan welk erf ligt de in- of uitrit?

- ☒ Voorerf
- ☐ Zijerf
- ☐ Achtererf

Vul de straatnaam in waar de in- of uitrit op uitkomt.

Zwanenburgerdijk

3 Details uitrit

Wat zijn de afmetingen van de nieuwe in- of uitrit?

Zie bijlage 2.2

Wat zijn de afmetingen van de bestaande in- of uitrit?

Wat worden de afmetingen van de in- of uitrit in de nieuwe situatie?

Welk materiaal wordt gebruikt?

Repac of indien noodzakelijk in overleg ander materiaal

Zijn er obstakels aanwezig die het aanleggen of het gebruiken van de in- of uitrit in de weg staan?

- ☐ Ja
- ☒ Nee

Welke obstakel(s) zijn aanwezig?

- ☐ Boom
- ☐ Lantaarnpaal
- ☐ Nutsvoorziening
- ☐ Anders

Beschrijf het obstakel dat het aanleggen of gebruiken van de in- of uitrit in de weg staat.

Formulierversie
2012.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 Type bouwwerk

? Wat gaat u bouwen? tracé 380 kV hoogspanningsverbinding mast 37, 38 en 39

Gaat het om de bouw van één of meerdere zorgwoning(en)?
- ☐ Zorgwoning(en)
- ☐ Geen zorgwoning(en)

2 De bouwwerkzaamheden

? Wat is er op het bouwwerk van toepassing?
- ☐ Het wordt geheel vervangen
- ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen
- ☒ Het wordt nieuw geplaatst

? Eventuele toelichting

Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?
- ☐ Ja
- ☒ Nee

3 Plaats van het bouwwerk

? Waar gaat u bouwen?
- ☒ Op het terrein
- ☐ Aan of op het hoofdgebouw
- ☐ Aan of op een bijgebouw of ander bouwwerk > *Vul hieronder de naam van het bijgebouw of bouwwerk in.*

Naam van het bijgebouw of bouwwerk

4 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

? Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?
- ☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk.*
- ☐ Nee

? Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden? 0m2

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden? circa 40 m2

5 Bruto inhoud bouwwerk

? Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bruto inhoud van het bouwwerk.*
☐ Nee

? Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

Zie bijlagen 3.1 en 3.2

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

6 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bebouwde oppervlakte van het terrein.*
☐ Nee

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

0 m2

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

40 m2

7 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

> Een bouwwerk kan seizoensgebonden en/ of tijdelijk zijn. Denk aan bijvoorbeeld een tijdelijke bouwkeet of een strandtent die voor drie jaar achter elkaar in april wordt opgebouwd en in oktober weer afgebroken.

? Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?

☐ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de periode waarin het bouwwerk aanwezig is.*
☒ Nee

Het bouwwerk is aanwezig van

☐ Januari
☐ Februari
☐ Maart
☐ April
☐ Mei
☐ Juni
☐ Juli
☐ Augustus
☐ September
☐ Oktober
☐ November
☐ December

Het bouwwerk is aanwezig tot

☐ Januari
☐ Februari
☐ Maart
☐ April
☐ Mei
☐ Juni
☐ Juli
☐ Augustus
☐ September
☐ Oktober
☐ November
☐ December

? Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?

☐ Ja > *Vul hieronder in hoeveel jaren het bouwwerk op de locatie blijft bestaan.*
☒ Nee

Hoeveel jaar blijft het bouwwerk op de locatie bestaan?

8 Gebruik

? Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?

☐ Wonen
☐ Overige gebruiksfuncties *> Vul hieronder in waar u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor gebruikt.*

Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.

nvt

? Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?

☐ Wonen *> Beantwoord de volgende twee vragen over de gebruiks- en vloeroppervlakte.*
☒ Overige gebruiksfuncties *> Vul hieronder in waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.*

? Wat wordt de gebruiksoppervlakte van de woning in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

? Wat wordt de vloeroppervlakte van het verblijfsgebied van de woning in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.

een 380 kV hoogspanningsverbinding

> Vul deze tabel in als het bouwwerk één of meer van de overige gebruiksfuncties krijgt.

9 Gebruiksfuncties

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

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

> Beantwoord onderstaande vragen alleen als u één of meerdere woningen of wooneenheden gaat bouwen.

10 Huurwoningen

Wat is het aantal huurwoningen waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

nvt

? Wat is het aantal huurwooneenheden waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

11 Koopwoningen

Wat is het aantal koopwoningen waarvoor een vergunning wordt aangevraagd? nvt

Wat is het aantal koopwooneenheden waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

12 Algemeen

Bent u na voltooiing van de werkzaamheden bewoner van het bouwwerk?

- ☐ Ja
- ☒ Nee

13 Uiterlijk bouwwerk/welstand

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

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

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in. zie bijlagen 3.1 t/m 3.4

14 Mondeling toelichten

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

- ☐ Ja
- ☒ Nee

15 Kosten

(?) Wat zijn de geschatte kosten voor de bouwwerkzaamheden in euro's (exclusief BTW)? € 1.723.632,-

> Beantwoord onderstaande vragen alleen als u één of meerdere zorgwoningen of wooneenheden gaat bouwen.

16 Wonen en zorg

Zorgwoningen zijn woningen waar bewoners zorg krijgen. Het kan gaan om grondgebonden woningen of woningen in een woongebouw. De woningen hebben een eigen voordeur waarachter bewoners individueel of in een groep wonen al dan niet met een gezamenlijke huishouding.

(?) Om welk soort woning gaat het?

- ☐ Zelfstandige woning, grondgebonden (individueel wonen)
- ☐ Zelfstandige woning, in woongebouw (individueel wonen)
- ☐ Geclusterde grondgebonden woningen i.v.m. zorg (individueel wonen)
- ☐ Geclusterde woningen i.v.m. zorg in woongebouw (individueel wonen)
- ☐ Groepswoning

(?) Welke zorgvoorziening is aanwezig in de woningen/wooneenheden?

- ☐ Geen zorg/n.v.t.
- ☐ Zorg op afspraak (thuiszorg)
- ☐ Zorg op afroep (zorgpost in de buurt, via intercom)
- ☐ 24-uurs zorg (zorgverleners in huis)

Formulierversie
2012.01

Toe te voegen bijlagen

- Ontwerptekening nieuwe of gewijzigde uitrit
- Situatietekening uitrit
- Welstand
- Kwaliteitsverklaringen
- Brandveiligheid
- Overige gegevens veiligheid
- Tunnelveiligheid
- Constructieve veiligheid complexere bouwwerken
- Bruikbaarheid bouwwerk
- Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken
- Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken
- Bouwveiligheidsplan
- Gelijkwaardigheid
- Energiezuinigheid en milieu
- Installaties complexere bouwwerken
- Gezondheid complexere bouwwerken
- Bijlage anders Bouwen

Formulierversie
2012.01

Nawoord en ondertekening

Zijn de bijlagen bij deze aanvraag compleet?	☐ Ja ☒ Nee
Vul uw eventuele persoonlijke opmerkingen over uw aanvraag hier in.	Zie voor toelichting aanvraagbrief
Als blijkt dat voor één van de aangevraagde onderdelen geen vergunning verleend kan worden, wilt u dan voor de overige aangevraagde onderdelen wel een vergunning ontvangen?	☐ Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om persoonsen adresgegevens van de aanvrager/melder en, indien van toepassing, de gemachtigde openbaar te maken?	☐ Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om de geschatte kosten van de bouwwerkzaamheden openbaar te maken?	☐ Ja ☒ Nee

☒ Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag/melding naar waarheid heb ingevuld en dat ik weet dat er kosten zijn verbonden aan het indienen van een aanvraag.

Niet verplicht in te vullen indien u gemachtigde bent.

Handtekening aanvrager

Datum 17-9-2012

Handtekening

Handtekening gemachtigde

Datum

Handtekening

Terugsturen van de aanvraag

U kunt de aanvraag of melding inclusief bijbehorende bescheiden versturen naar onderstaand adres van het bevoegd gezag.

Bevoegd gezag omgevingsvergunning

Naam:	Gemeente Haarlemmermeer
Emailadres:	info@haarlemmermeer.nl
Website:	www.haarlemmermeer.nl
Contactpersoon:	Cluster Dienstverlening

TenneT
Taking power further

VRIJGAVEBLAD VERGUNNINGSGEGEVENS

DATUM 17 september 2012
REFERENTIE 000.007.40 0024406 GH-OMGV lijn

ONDERWERP Aanvraag GH-OMGV lijn

Gemeente Haarlemmermeer
Wabo – omgevingsvergunning

Bijlage	Naam – kenmerk – revisiedatum	Gezien engineer	Paraaf voor vrijgave
1.1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring Beverwijk-Vijfhuizen kenmerk: R380 10 0963 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	I.F.M. Hermans
1.2	Kadastrale kaart kenmerk: R380 10 1228 d.d. 29-08-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.1	Tekening uitrit kenmerk: R380 11 0631 d.d. 29-08-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.2	Detailtekening werkterreinen / werkwegen kenmerk: 36-RHM-V d.d. 20-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.1	Constructietekeningen en berekeningen masten Mastenlijst 380 kV verbinding Beverwijk-Vijfhuizen Kenmerk: 00.007.40 0036353 d.d. 4-9-2012 Statische ontwerpberekening Masttype "W2H300 (+10), W2H300(+5), W2E350(+0)" Kenmerk: -- d.d. 30-7-2012 Constructietekeningen masten: Kenmerk: MS20120025/02, MS20120025/09, MS20120025/14 d.d. 3-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

3.2	Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk-Vijfhuizen) Fundatie Wintrackmasten. Prinicpe berekening R38.5N poer Kenmerk: 2410010-BER-DO-KW-001 d.d. 20-8-2012 Situatietekening fundatie Wintrackmasten Randstad 380 Noord kenmerk: T-VO-KW-0-001 d.d. 30-8-2012 Constructietekening funderingspoer R30 1, C.14.7 kenmerk: T-VO-KW-0-002; T-VO-KW-0-007 d.d. 20-8-2012 Principe constructietekening mastfundatie 380 kV poer R38.5 kenmerk: T-V0-KW-V-004 d.d. 20-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.3	Lengteprofielen kenmerk 30813059-50-001 VKT 4.0 blad 4 van 4 d.d 10-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.4	Schets obstakelverlichting & markeringen kenmerk: MS20120025/15 d.d. 3-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT
Taking power further

Bijlage 1.1

GH-OMGV lijn

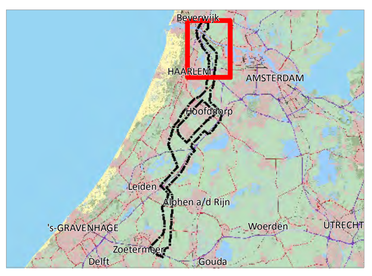
Tracékaart
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

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.

TenneT
Taking power further

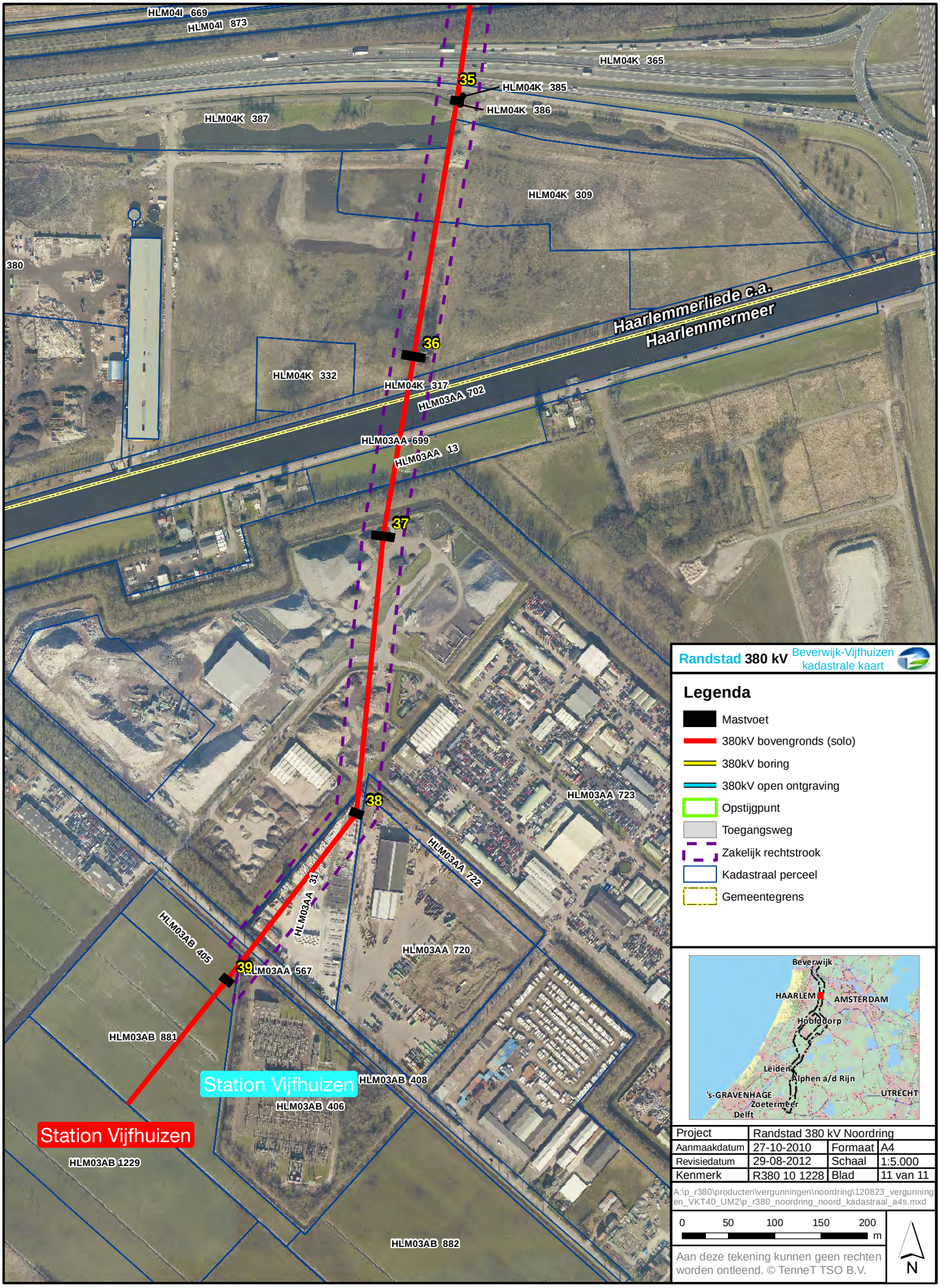
Bijlage 1.2

GH-OMGV lijn

Kadastrale kaart

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	11 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

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

N

TenneT
Taking power further

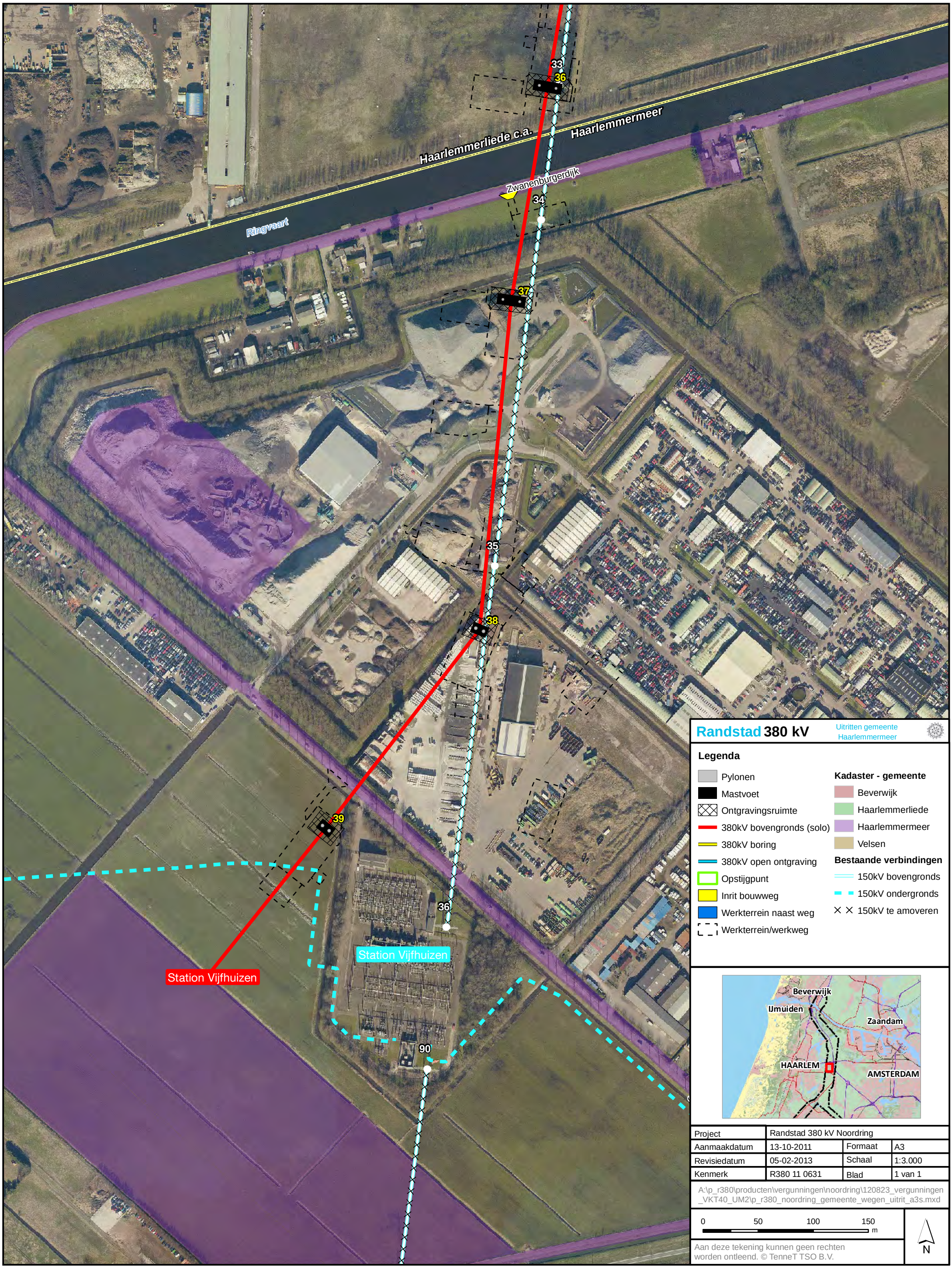
Bijlage 2.1

GH-OMGV lijn

Tekening uitrit

Randstad 380 kV

Uitritten gemeente Haarlemmermeer



Legenda

- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Inrit bouwweg
- Werkterrein naast weg
- Werkterrein/werkweg

Kadaster - gemeente

- Beverwijk
- Haarlemmerliede
- Haarlemmermeer
- Velsen

Bestaande verbindingen

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

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	13-10-2011	Formaat	A3
Revisiedatum	05-02-2013	Schaal	1:3.000
Kenmerk	R380 11 0631	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_gemeente_wegen_uitrit_a3s.mxd

0 50 100 150 m

N

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

TenneT
Taking power further

Bijlage 2.2

GH-OMGV lijn

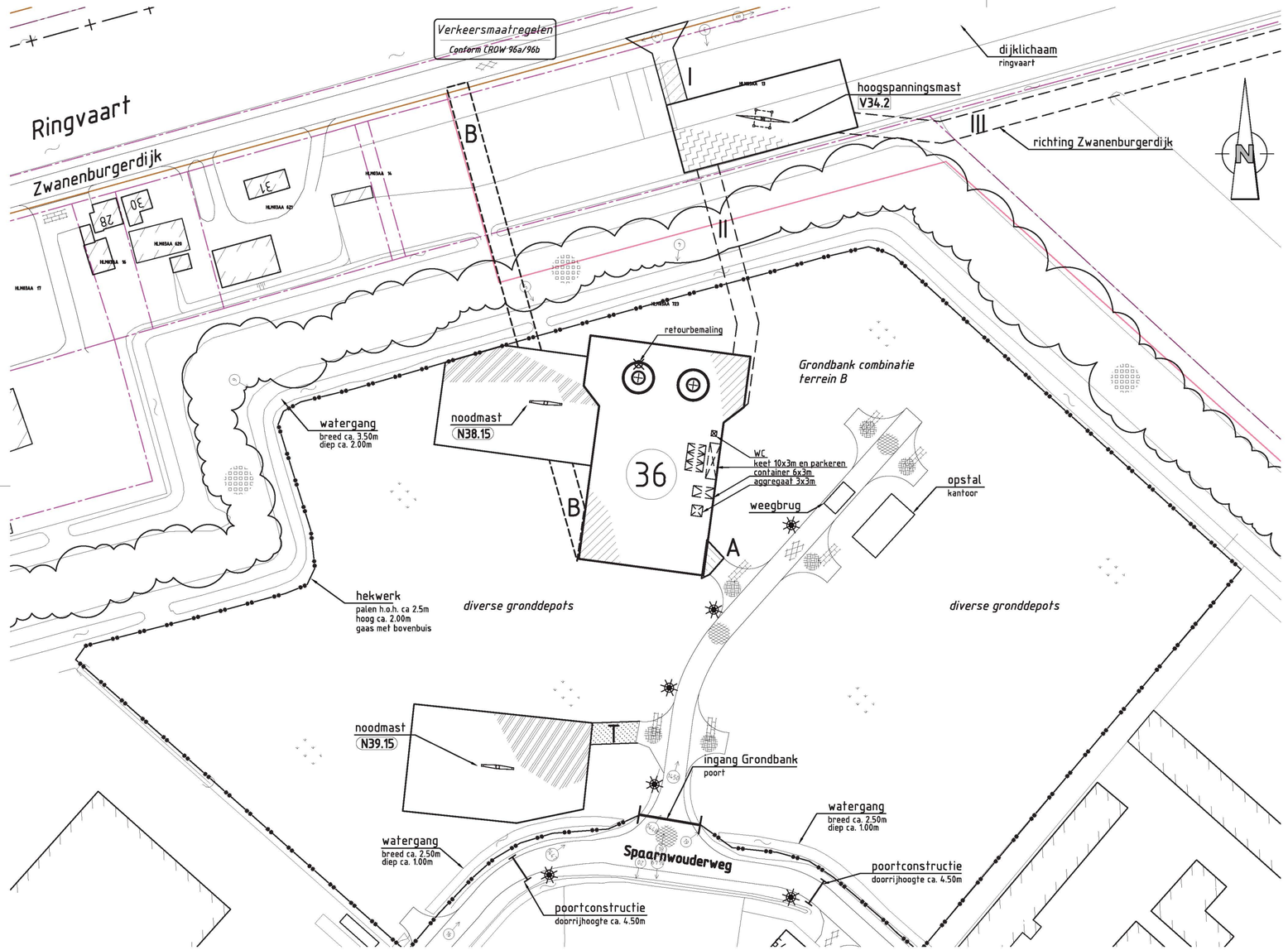
Detailtekening werkterreinen /werkwegen

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 1:1000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

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

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- BVVWAA 11097 kadastergrens, met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

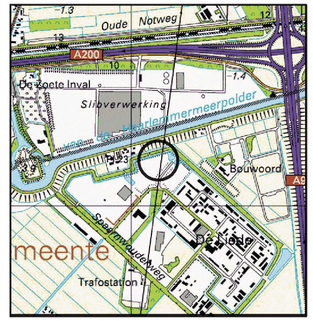
Mastgegevens

36a (vkt 4.0)

Type	: W2S300+10	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 11597	(m)
Maaiveld	: -2.572	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108116.83	
	488212.42	

36b (vkt 4.0)

Type	: W2S300+10	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 11597	(m)
Maaiveld	: -2.572	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108132.09	
	488210.39	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 36, V34, N38 en N39 Gemeente Haarlemmermeer / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 46 van 48 bladen		versie 8.1	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave	tek.nr.
dat./par.	31-01-2013	31-01-2013	31-01-2013	formaat	A2.3	DO	36-RHM-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

TenneT
Taking power further

Bijlage 3.1

GH-OMGV lijn

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 "W2S300(+10)"

Mast 35 en 36

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 “W2S300(+10)”	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 D en D2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S300(+10) 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 W2S300(+10) zijn de bijlage D (berekening maststerkte) en bijlage D2 (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 51,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,868 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 25.5 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 W2S300(+10) zijn de bijlage D (berekening maststerkte) en bijlage D2 (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 “W2S300(+10)”

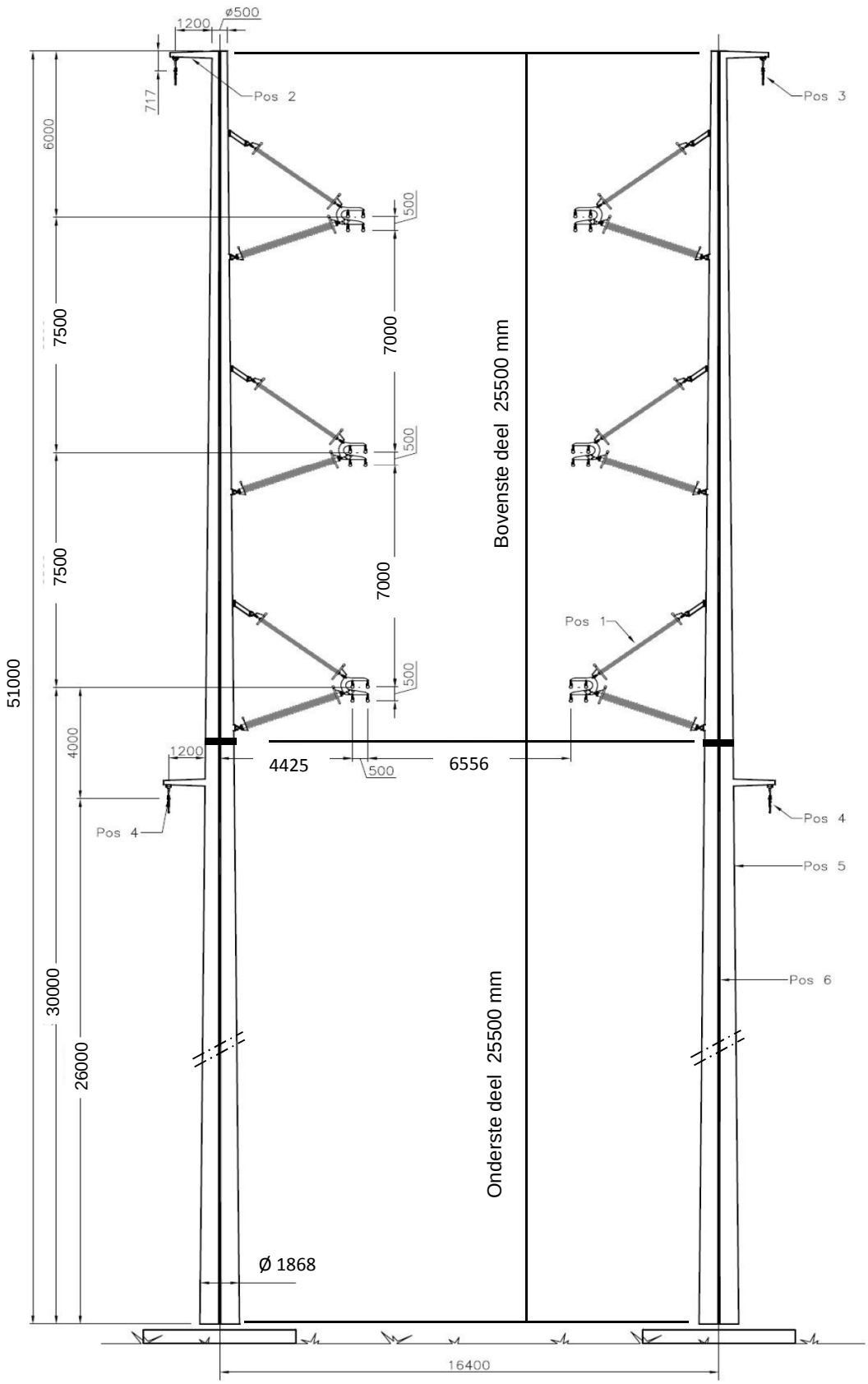
Berekening

W2S300+10

51,0 m - 1868 - 500

Mast 35 en 36

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S300(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,184

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	519	500	n.v.t.	2	1	50,65
2	2200	578	519	n.v.t.	2	1	49,20
3	1450	617	578	n.v.t.	2	1	47,38
4	1450	656	617	n.v.t.	2	1	45,93
5	200	661	656	n.v.t.	2	1	45,10
6	2700	733	661	n.v.t.	2	1	43,65
7	967	759	733	n.v.t.	2	1	41,82
8	967	785	759	n.v.t.	2	1	40,85
9	967	811	785	n.v.t.	2	1	39,88
10	1900	862	811	n.v.t.	2	1	38,45
11	1000	889	862	n.v.t.	2	1	37,00
12	1450	928	889	n.v.t.	2	1	35,78
13	1450	967	928	n.v.t.	2	1	34,33
14	2900	1045	967	n.v.t.	2	1	32,15
15	700	1063	1045	n.v.t.	2	1	30,35
16	2200	1122	1063	n.v.t.	2	1	28,90
17	1800	1171	1122	n.v.t.	2	1	26,90
18	500	1184	1122	n.v.t.	2	1	25,75
19	2300	1246	1184	n.v.t.	2	1	24,35
20	2900	1323	1246	n.v.t.	2	1	21,75
21	2900	1401	1323	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	1479	1401	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	1557	1479	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1635	1557	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1712	1635	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1790	1712	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	1868	1790	n.v.t.	2	1	1,45
	51000				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	18751	147,20	5,80E+08	175,90	2,28E+06
2	548	12,0	20217	158,71	7,27E+08	189,65	2,65E+06
3	597	12,0	22063	173,19	9,45E+08	206,96	3,16E+06
4	636	12,0	23529	184,70	1,15E+09	220,70	3,60E+06
5	658	12,0	24363	191,25	1,27E+09	228,53	3,87E+06
6	697	12,0	25830	202,76	1,52E+09	242,28	4,35E+06
7	746	12,0	27684	217,32	1,87E+09	259,66	5,00E+06
8	772	12,0	28661	224,99	2,07E+09	268,83	5,36E+06
9	798	12,0	29639	232,66	2,29E+09	277,99	5,74E+06
10	837	12,0	31088	244,04	2,64E+09	291,58	6,32E+06
11	876	12,0	32554	255,55	3,03E+09	305,33	6,93E+06
12	908	15,0	42100	330,48	4,20E+09	315,90	9,25E+06
13	947	15,0	43933	344,87	4,77E+09	329,65	1,01E+07
14	1006	15,0	46682	366,45	5,73E+09	350,28	1,14E+07
15	1054	18,0	58579	459,85	7,86E+09	366,30	1,49E+07
16	1093	18,0	60779	477,11	8,78E+09	380,05	1,61E+07
17	1146	18,0	63812	500,93	1,02E+10	399,02	1,77E+07
18	1153	18,0	64191	503,90	1,03E+10	401,39	1,79E+07
19	1215	18,0	67680	531,29	1,21E+10	423,20	2,00E+07
20	1285	20,0	79456	623,73	1,59E+10	447,16	2,47E+07
21	1362	20,0	84344	662,10	1,90E+10	474,65	2,79E+07
22	1440	20,0	89232	700,47	2,25E+10	502,15	3,12E+07
23	1518	20,0	94119	738,84	2,64E+10	529,65	3,48E+07
24	1596	20,0	99007	777,20	3,07E+10	557,15	3,85E+07
25	1674	20,0	103894	815,57	3,55E+10	584,65	4,24E+07
26	1751	20,0	108782	853,94	4,08E+10	612,15	4,66E+07
27	1829	20,0	113669	892,31	4,65E+10	639,65	5,09E+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	51000	1 -- 2	1	700	1,88E+04	5,80E+08
2	50300	2 -- 3	2	2200	2,02E+04	7,27E+08
3	48100	3 -- 4	3	1450	2,21E+04	9,45E+08
4	46650	4 -- 5	4	1450	2,35E+04	1,15E+09
5	45200	5 -- 6	5	200	2,44E+04	1,27E+09
6	45000	6 -- 7	6	2700	2,58E+04	1,52E+09
7	42300	7 -- 8	7	967	2,77E+04	1,87E+09
8	41333	8 -- 9	8	967	2,87E+04	2,07E+09
9	40367	9 -- 10	9	967	2,96E+04	2,29E+09
10	39400	10 -- 11	10	1900	3,11E+04	2,64E+09
11	37500	11 -- 12	11	1000	3,26E+04	3,03E+09
12	36500	12 -- 13	12	1450	4,21E+04	4,20E+09
13	35050	13 -- 14	13	1450	4,39E+04	4,77E+09
14	33600	14 -- 15	14	2900	4,67E+04	5,73E+09
15	30700	15 -- 16	15	700	5,86E+04	7,86E+09
16	30000	16 -- 17	16	2200	6,08E+04	8,78E+09
17	27800	17 -- 18	17	1800	6,38E+04	1,02E+10
18	26000	18 -- 19	18	500	6,42E+04	1,03E+10
19	25500	19 -- 20	19	2300	6,77E+04	1,21E+10
20	23200	20 -- 21	20	2900	7,95E+04	1,59E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	8,43E+04	1,90E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	8,92E+04	2,25E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	9,41E+04	2,64E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	9,90E+04	3,07E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	1,04E+05	3,55E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,09E+05	4,08E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,14E+05	4,65E+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	50,65	0,21	1,16	31,28	0,18	1385
2	49,20	0,21	1,15	31,12	0,18	1375
3	47,38	0,21	1,14	30,91	0,18	1361
4	45,93	0,21	1,14	30,73	0,18	1350
5	45,10	0,21	1,13	30,63	0,18	1344
6	43,65	0,21	1,13	30,44	0,19	1332
7	41,82	0,21	1,12	30,20	0,19	1317
8	40,85	0,21	1,11	30,07	0,19	1309
9	39,88	0,21	1,11	29,93	0,19	1300
10	38,45	0,21	1,10	29,73	0,19	1287
11	37,00	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
12	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
13	34,33	0,21	1,08	29,09	0,19	1248
14	32,15	0,21	1,06	28,72	0,20	1226
15	30,35	0,21	1,05	28,39	0,20	1206
16	28,90	0,21	1,04	28,11	0,20	1189
17	26,90	0,21	1,03	27,71	0,20	1165
18	25,75	0,21	1,02	27,46	0,21	1150
19	24,35	0,21	1,01	27,14	0,21	1132
20	21,75	0,21	0,98	26,51	0,21	1095
21	18,85	0,21	0,95	25,70	0,22	1048
22	15,95	0,21	0,92	24,75	0,23	995
23	13,05	0,21	0,87	23,62	0,24	933
24	10,15	0,21	0,82	22,20	0,25	857
25	7,25	0,21	0,75	20,30	0,28	759
26	4,35	0,21	0,64	17,41	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1135	300	0,30	0,00	3,60E-02	1069,09
2	2 -- 3	3822	4044	5,48	0,61	3,60E-02	1043,90
3	3 -- 4	2729		9,30	16,87	3,59E-02	964,82
4	4 -- 5	2896		12,03	32,33	3,57E-02	912,92
5	5 -- 6	413		14,93	51,87	3,54E-02	861,33
6	6 -- 7	5880	29818	45,16	54,90	3,54E-02	854,25
7	7 -- 8	2246		51,04	184,76	3,44E-02	759,78
8	8 -- 9	2320		53,28	235,18	3,39E-02	726,77
9	9 -- 10	2394		55,60	287,80	3,33E-02	694,29
10	10 -- 11	4922		58,00	342,71	3,27E-02	662,40
11	11 -- 12	2706	29818	92,73	457,57	3,13E-02	601,57
12	12 -- 13	5010		95,44	551,66	3,05E-02	570,65
13	13 -- 14	5218		100,45	693,68	2,95E-02	527,13
14	14 -- 15	11062		105,67	843,12	2,84E-02	485,16
15	15 -- 16	3324		116,73	1165,60	2,60E-02	406,19
16	16 -- 17	10826	29818	149,87	1248,47	2,54E-02	388,19
17	17 -- 18	9287		160,70	1590,10	2,38E-02	333,99
18	18 -- 19	2595	8078	178,06	1887,71	2,23E-02	292,52
19	19 -- 20	12565	6276	186,93	1977,39	2,18E-02	281,48
20	20 -- 21	18523		199,50	2421,79	1,99E-02	233,44
21	21 -- 22	19636		218,02	3027,20	1,75E-02	179,15
22	22 -- 23	20749		237,66	3687,93	1,51E-02	131,83
23	23 -- 24	21861		258,41	4407,23	1,26E-02	91,65
24	24 -- 25	22974		280,27	5188,30	1,01E-02	58,71
25	25 -- 26	24087		303,24	6034,39	7,55E-03	33,07
26	26 -- 27	25199		327,33	6948,72	5,03E-03	14,73
27	27 -- 28	26312		352,53	7934,51	2,51E-03	3,72
28			10391	389,23	8994,99	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	113,5	30,0	1,069	1491,36	161,018
2	2 -- 3	382,2	404,4	1,044	7906,56	826,177
3	3 -- 4	272,9		0,965	2513,31	240,538
4	4 -- 5	289,6		0,913	2520,05	227,891
5	5 -- 6	41,3		0,861	347,12	30,352
6	6 -- 7	588,0	2981,8	0,854	29642,83	2558,871
7	7 -- 8	224,6		0,760	1637,46	124,065
8	8 -- 9	232,0		0,727	1617,03	117,120
9	9 -- 10	239,4		0,694	1593,14	110,163
10	10 -- 11	492,2		0,662	3051,38	196,576
11	11 -- 12	270,6	2981,8	0,602	19152,35	1172,008
12	12 -- 13	501,0		0,571	2697,45	150,928
13	13 -- 14	521,8		0,527	2590,96	133,680
14	14 -- 15	1106,2		0,485	4836,43	219,721
15	15 -- 16	332,4		0,406	1295,14	52,438
16	16 -- 17	1082,6	2981,8	0,388	15190,29	590,503
17	17 -- 18	928,7		0,334	2853,82	91,129
18	18 -- 19	259,5	807,8	0,293	3048,52	90,490
19	19 -- 20	1256,5	627,6	0,281	4906,51	133,014
20	20 -- 21	1852,3		0,233	3748,69	78,832
21	21 -- 22	1963,6		0,179	2995,20	47,475
22	22 -- 23	2074,9		0,132	2274,42	25,907
23	23 -- 24	2186,1		0,092	1612,33	12,356
24	24 -- 25	2297,4		0,059	1034,20	4,838
25	25 -- 26	2408,7		0,033	564,72	1,376
26	26 -- 27	2519,9		0,015	228,07	0,214
27	27 -- 28	2631,2		0,004	47,98	0,009
28			1039,1	0,000	0,00	0,000
				Som	121397	7398

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

$n_{1,x}$	=	0,64	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	783	0,988	0,700	0,68	535,10	0,69
2 -- 3	174	0,939	2,200	1,94	337,28	2,07
3 -- 4	188	0,878	1,450	1,12	210,45	1,27
4 -- 5	200	0,830	1,450	1,00	199,39	1,20
5 -- 6	15115	0,802	0,200	0,13	1946,16	0,16
6 -- 7	218	0,755	2,700	1,54	335,02	2,04
7 -- 8	232	0,695	0,967	0,47	108,55	0,67
8 -- 9	240	0,665	0,967	0,43	102,47	0,64
9 -- 10	248	0,635	0,967	0,39	96,38	0,61
10 -- 11	1828	0,591	1,900	0,66	1213,96	1,12
11 -- 12	271	0,548	1,000	0,30	81,32	0,55
12 -- 13	345	0,513	1,450	0,38	132,05	0,74
13 -- 14	360	0,473	1,450	0,33	116,96	0,69
14 -- 15	381	0,417	2,900	0,50	192,24	1,21
15 -- 16	4735	0,372	0,700	0,10	457,45	0,26
16 -- 17	492	0,338	2,200	0,25	123,51	0,74
17 -- 18	965	0,293	1,800	0,15	149,08	0,53
18 -- 19	1774	0,268	0,500	0,04	63,93	0,13
19 -- 20	546	0,241	2,300	0,13	72,87	0,55
20 -- 21	639	0,193	2,900	0,11	68,97	0,56
21 -- 22	677	0,145	2,900	0,06	41,54	0,42
22 -- 23	715	0,105	2,900	0,03	22,67	0,30
23 -- 24	754	0,070	2,900	0,01	10,81	0,20
24 -- 25	792	0,043	2,900	0,01	4,23	0,12
25 -- 26	831	0,022	2,900	0,00	1,20	0,06
26 -- 27	869	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1266	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,76	6623,77	17,60

m_e = 6623,8 / 10,8 = 615,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,64	Hz
b =	1,18	m
h =	51,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	74,88	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,064	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,076	
$v_m(z_s)$ =	28,44	m/s
$v_m(z)$ =	31,32	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,54	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,31	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,30	
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 =	1,33	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,55	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,58

$c_s c_d$ =	**1,22**	

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	31,3	1,06E+06	0,77	0,82	0,63
2	31,1	1,14E+06	0,77	0,82	0,63
3	30,9	1,23E+06	0,77	0,82	0,63
4	30,7	1,30E+06	0,77	0,82	0,63
5	30,6	1,34E+06	0,77	0,82	0,63
6	30,4	1,41E+06	0,77	0,82	0,63
7	30,2	1,50E+06	0,77	0,82	0,63
8	30,1	1,55E+06	0,77	0,82	0,63
9	29,9	1,59E+06	0,77	0,82	0,63
10	29,7	1,66E+06	0,77	0,82	0,63
11	29,5	1,72E+06	0,77	0,82	0,63
12	29,3	1,78E+06	0,77	0,82	0,63
13	29,1	1,84E+06	0,76	0,82	0,63
14	28,7	1,93E+06	0,76	0,82	0,63
15	28,4	1,99E+06	0,76	0,82	0,62
16	28,1	2,05E+06	0,76	0,82	0,62
17	27,7	2,12E+06	0,76	0,82	0,62
18	27,5	2,11E+06	0,76	0,82	0,62
19	27,1	2,20E+06	0,76	0,82	0,62
20	26,5	2,27E+06	0,76	0,82	0,62
21	25,7	2,33E+06	0,76	0,82	0,62
22	24,8	2,38E+06	0,75	0,82	0,62
23	23,6	2,39E+06	0,75	0,82	0,61
24	22,2	2,36E+06	0,75	0,82	0,61
25	20,3	2,26E+06	0,74	0,82	0,61
26	17,4	2,03E+06	0,73	0,82	0,60
27	16,9	2,06E+06	0,73	0,82	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	50,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - D en D2		
1e traverse - 380C1F1	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	26,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	50,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	45,00	4,422
2e traverse - 380C1F2	37,50	4,422
3e traverse - 380C1F3	30,00	4,422
Passieve run	26,00	1,785

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	50,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	26,00	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	1030	105	1135	0,225	0,084	524	0,748
2	3492	330	3822	0,762	0,264	1723	0,783
3	2511	218	2729	0,546	0,174	1198	0,826
4	2678	218	2896	0,581	0,174	1246	0,859
5	383	30	413	0,083	0,024	176	0,878
6	5475	405	5880	1,185	0,324	2456	0,909
7	2101	145	2246	0,454	0,116	917	0,948
8	2175	145	2320	0,469	0,116	936	0,968
9	2249	145	2394	0,485	0,116	954	0,987
10	4637	285	4922	0,998	0,228	1928	1,015
11	2556	150	2706	0,549	0,120	1041	1,041
12	4792	218	5010	0,825	0,174	1541	1,063
13	5001	218	5218	0,860	0,174	1577	1,087
14	10627	435	11062	1,824	0,348	3251	1,121
15	3219	105	3324	0,461	0,084	803	1,147
16	10496	330	10826	1,500	0,264	2563	1,165
17	9017	270	9287	1,286	0,216	2138	1,188
18	2520	75	2595	0,359	0,060	589	1,178
19	12220	345	12565	1,738	0,276	2785	1,211
20	18088	435	18523	2,312	0,348	3557	1,227
21	19201	435	19636	2,445	0,348	3577	1,233
22	20314	435	20749	2,576	0,348	3554	1,226
23	21426	435	21861	2,703	0,348	3477	1,199
24	22539	435	22974	2,826	0,348	3323	1,146
25	23652	435	24087	2,939	0,348	3050	1,052
26	24764	435	25199	3,031	0,348	2559	0,882
27	25877	435	26312	3,157	0,348	2561	0,883
	263037	7650	270687	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	54000

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	1946	360	360	360	360
2	2 -- 3	2084	4794	5068	17714	6738
3	3 -- 4	2258				
4	4 -- 5	2396				
5	5 -- 6	2475				
6	6 -- 7	2613	35270	37550	59354	43182
7	7 -- 8	2788				
8	8 -- 9	2880				
9	9 -- 10	2972				
10	10 -- 11	3108				
11	11 -- 12	3247	35270	37550	59354	43182
12	12 -- 13	4146				
13	13 -- 14	4318				
14	14 -- 15	4577				
15	15 -- 16	5698				
16	16 -- 17	5905	35270	37550	59354	43182
17	17 -- 18	6191				
18	18 -- 19	6227	9564	10080	35406	13442
19	19 -- 20	6555	7531	7531	7531	7531
20	20 -- 21	7665				
21	21 -- 22	8125				
22	22 -- 23	8586				
23	23 -- 24	9046				
24	24 -- 25	9506				
25	25 -- 26	9967				
26	26 -- 27	10427				
27	27 -- 28	10888				
28			12469	12469	12469	12469

KEMA rapport - bijlage D - 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	748				
2	2 -- 3	783	10514	3982	12640	3804
3	3 -- 4	826				
4	4 -- 5	859				
5	5 -- 6	878				
6	6 -- 7	909	63564	26616	47048	24116
7	7 -- 8	948				
8	8 -- 9	968				
9	9 -- 10	987				
10	10 -- 11	1015				
11	11 -- 12	1041	59994	25694	44844	23282
12	12 -- 13	1063				
13	13 -- 14	1087				
14	14 -- 15	1121				
15	15 -- 16	1147				
16	16 -- 17	1165	55458	24532	42058	22238
17	17 -- 18	1188				
18	18 -- 19	1178	16746	6868	20718	6682
19	19 -- 20	1211				
20	20 -- 21	1227				
21	21 -- 22	1233				
22	22 -- 23	1226				
23	23 -- 24	1199				
24	24 -- 25	1146				
25	25 -- 26	1052				
26	26 -- 27	882				
27	27 -- 28	883				
28						

KEMA rapport - bijlage D2 - 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	1197				
2	2 -- 3	1253	14692	5150	17516	5042
3	3 -- 4	1322				
4	4 -- 5	1375				
5	5 -- 6	1404				
6	6 -- 7	1455	87968	33594	63474	31326
7	7 -- 8	1517				
8	8 -- 9	1549				
9	9 -- 10	1579				
10	10 -- 11	1623				
11	11 -- 12	1666	82866	32278	60334	30118
12	12 -- 13	1701				
13	13 -- 14	1740				
14	14 -- 15	1794				
15	15 -- 16	1834				
16	16 -- 17	1864	76396	30620	56358	28600
17	17 -- 18	1900				
18	18 -- 19	1884	23198	8724	28460	8704
19	19 -- 20	1937				
20	20 -- 21	1962				
21	21 -- 22	1973				
22	22 -- 23	1961				
23	23 -- 24	1918				
24	24 -- 25	1833				
25	25 -- 26	1683				
26	26 -- 27	1412				
27	27 -- 28	1413				
28						

KEMA rapport - bijlage D - 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	524		0	0,00E+00	5,71E-03	166
2	2 -- 3	1723		524	2,05E+05	5,70E-03	162
3	3 -- 4	1198		2246	3,37E+06	5,68E-03	149
4	4 -- 5	1246		3444	7,59E+06	5,65E-03	141
5	5 -- 6	176		4690	1,36E+07	5,58E-03	133
6	6 -- 7	2456		4865	1,46E+07	5,57E-03	132
7	7 -- 8	917		7321	3,18E+07	5,38E-03	117
8	8 -- 9	936		8238	3,96E+07	5,30E-03	112
9	9 -- 10	954		9173	4,83E+07	5,20E-03	106
10	10 -- 11	1928		10127	5,79E+07	5,09E-03	102
11	11 -- 12	1041		12055	7,98E+07	4,86E-03	92
12	12 -- 13	1541		13097	9,28E+07	4,72E-03	87
13	13 -- 14	1577		14638	1,14E+08	4,56E-03	81
14	14 -- 15	3251		16215	1,37E+08	4,38E-03	74
15	15 -- 16	803		19466	1,90E+08	3,99E-03	62
16	16 -- 17	2563		20269	2,04E+08	3,90E-03	59
17	17 -- 18	2138		22832	2,53E+08	3,63E-03	51
18	18 -- 19	589		24970	2,97E+08	3,40E-03	44
19	19 -- 20	2785		25559	3,10E+08	3,33E-03	43
20	20 -- 21	3557		28343	3,73E+08	3,02E-03	35
21	21 -- 22	3577		31900	4,62E+08	2,66E-03	27
22	22 -- 23	3554		35477	5,62E+08	2,29E-03	20
23	23 -- 24	3477		39031	6,71E+08	1,91E-03	14
24	24 -- 25	3323		42508	7,91E+08	1,53E-03	9
25	25 -- 26	3050		45831	9,20E+08	1,15E-03	5
26	26 -- 27	2559		48881	1,06E+09	7,63E-04	2
27	27 -- 28	2561		51440	1,20E+09	3,80E-04	1
28				54000	1,36E+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	4,26E-02	1192
2	2 -- 3		10514	170198	1,60E+05	4,26E-02	1162
3	3 -- 4			1020947	2,41E+07	4,25E-02	1068
4	4 -- 5			1742445	4,01E+07	4,22E-02	1007
5	5 -- 6			2632152	5,62E+07	4,19E-02	946
6	6 -- 7		63564	3065488	5,87E+07	4,19E-02	937
7	7 -- 8			8633057	2,64E+08	4,06E-02	826
8	8 -- 9			10655050	3,38E+08	3,98E-02	787
9	9 -- 10			12723992	4,12E+08	3,90E-02	749
10	10 -- 11			14834833	4,85E+08	3,81E-02	712
11	11 -- 12		59994	21293817	6,32E+08	3,62E-02	641
12	12 -- 13			24618653	7,70E+08	3,51E-02	605
13	13 -- 14			29515682	9,69E+08	3,37E-02	555
14	14 -- 15			34445632	1,17E+09	3,21E-02	508
15	15 -- 16			44560231	1,57E+09	2,88E-02	419
16	16 -- 17		55458	47539518	1,66E+09	2,82E-02	399
17	17 -- 18			56903254	2,09E+09	2,59E-02	340
18	18 -- 19		16746	64756370	2,44E+09	2,40E-02	295
19	19 -- 20			66926503	2,54E+09	2,34E-02	283
20	20 -- 21			76904524	3,03E+09	2,09E-02	232
21	21 -- 22			88989305	3,64E+09	1,80E-02	175
22	22 -- 23			100219478	4,25E+09	1,52E-02	127
23	23 -- 24			110354693	4,86E+09	1,24E-02	87
24	24 -- 25			119161681	5,46E+09	9,68E-03	55
25	25 -- 26			126411695	6,07E+09	7,09E-03	30
26	26 -- 27			131878817	6,67E+09	4,61E-03	13
27	27 -- 28			135338824	7,28E+09	2,25E-03	3
28	28 -- 29			136602155	7,87E+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	1,78E-02	501
2	2 -- 3		3982	3982	6,66E+04	1,78E-02	488
3	3 -- 4			3982	9,18E+06	1,77E-02	449
4	4 -- 5			3982	1,53E+07	1,76E-02	424
5	5 -- 6			3982	2,14E+07	1,75E-02	398
6	6 -- 7		26616	30598	2,24E+07	1,75E-02	395
7	7 -- 8			30598	1,07E+08	1,70E-02	348
8	8 -- 9			30598	1,38E+08	1,67E-02	332
9	9 -- 10			30598	1,68E+08	1,63E-02	316
10	10 -- 11			30598	1,99E+08	1,60E-02	300
11	11 -- 12		25694	56292	2,59E+08	1,52E-02	270
12	12 -- 13			56292	3,17E+08	1,47E-02	255
13	13 -- 14			56292	4,01E+08	1,42E-02	234
14	14 -- 15			56292	4,85E+08	1,35E-02	214
15	15 -- 16			56292	6,52E+08	1,21E-02	177
16	16 -- 17		24532	80824	6,93E+08	1,19E-02	169
17	17 -- 18			80824	8,74E+08	1,09E-02	143
18	18 -- 19		6868	87692	1,02E+09	1,01E-02	124
19	19 -- 20			87692	1,07E+09	9,89E-03	119
20	20 -- 21			87692	1,27E+09	8,84E-03	98
21	21 -- 22			87692	1,53E+09	7,62E-03	74
22	22 -- 23			87692	1,79E+09	6,41E-03	54
23	23 -- 24			87692	2,05E+09	5,23E-03	37
24	24 -- 25			87692	2,31E+09	4,09E-03	23
25	25 -- 26			87692	2,57E+09	3,00E-03	13
26	26 -- 27			87692	2,82E+09	1,95E-03	6
27	27 -- 28			87692	3,08E+09	9,52E-04	1
28				87692	3,33E+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	3,50E-02	963
2	2 -- 3		12640	12640	1,31E+05	3,50E-02	938
3	3 -- 4			12640	2,86E+07	3,48E-02	861
4	4 -- 5			12640	4,76E+07	3,45E-02	811
5	5 -- 6			12640	6,66E+07	3,42E-02	761
6	6 -- 7		47048	59688	6,94E+07	3,41E-02	754
7	7 -- 8			59688	2,35E+08	3,29E-02	664
8	8 -- 9			59688	2,94E+08	3,22E-02	632
9	9 -- 10			59688	3,54E+08	3,15E-02	601
10	10 -- 11			59688	4,13E+08	3,07E-02	571
11	11 -- 12		44844	104532	5,32E+08	2,91E-02	514
12	12 -- 13			104532	6,39E+08	2,82E-02	486
13	13 -- 14			104532	7,94E+08	2,70E-02	446
14	14 -- 15			104532	9,50E+08	2,58E-02	407
15	15 -- 16			104532	1,26E+09	2,31E-02	336
16	16 -- 17		42058	146590	1,34E+09	2,26E-02	320
17	17 -- 18			146590	1,67E+09	2,08E-02	273
18	18 -- 19		20718	167308	1,94E+09	1,92E-02	237
19	19 -- 20			167308	2,02E+09	1,88E-02	227
20	20 -- 21			167308	2,42E+09	1,68E-02	186
21	21 -- 22			167308	2,91E+09	1,45E-02	141
22	22 -- 23			167308	3,40E+09	1,22E-02	102
23	23 -- 24			167308	3,90E+09	9,95E-03	70
24	24 -- 25			167308	4,39E+09	7,79E-03	44
25	25 -- 26			167308	4,88E+09	5,71E-03	24
26	26 -- 27			167308	5,37E+09	3,71E-03	11
27	27 -- 28			167308	5,86E+09	1,81E-03	3
28				167308	6,34E+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	1,63E-02	457
2	2 -- 3		3804	3804	6,09E+04	1,63E-02	446
3	3 -- 4			3804	8,75E+06	1,62E-02	410
4	4 -- 5			3804	1,45E+07	1,61E-02	386
5	5 -- 6			3804	2,04E+07	1,60E-02	363
6	6 -- 7		24116	27920	2,13E+07	1,60E-02	360
7	7 -- 8			27920	9,88E+07	1,55E-02	317
8	8 -- 9			27920	1,27E+08	1,52E-02	302
9	9 -- 10			27920	1,54E+08	1,49E-02	288
10	10 -- 11			27920	1,82E+08	1,46E-02	274
11	11 -- 12		23282	51202	2,38E+08	1,39E-02	247
12	12 -- 13			51202	2,90E+08	1,34E-02	233
13	13 -- 14			51202	3,66E+08	1,29E-02	214
14	14 -- 15			51202	4,42E+08	1,23E-02	195
15	15 -- 16			51202	5,95E+08	1,11E-02	161
16	16 -- 17		22238	73440	6,32E+08	1,08E-02	154
17	17 -- 18			73440	7,97E+08	9,97E-03	131
18	18 -- 19		6682	80122	9,32E+08	9,24E-03	114
19	19 -- 20			80122	9,73E+08	9,02E-03	109
20	20 -- 21			80122	1,16E+09	8,06E-03	89
21	21 -- 22			80122	1,40E+09	6,95E-03	68
22	22 -- 23			80122	1,63E+09	5,85E-03	49
23	23 -- 24			80122	1,87E+09	4,78E-03	33
24	24 -- 25			80122	2,11E+09	3,74E-03	21
25	25 -- 26			80122	2,34E+09	2,74E-03	12
26	26 -- 27			80122	2,58E+09	1,78E-03	5
27	27 -- 28			80122	2,81E+09	8,69E-04	1
28				80122	3,04E+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	7,78E-03	154
2	2 -- 3				5,68E+06	7,78E-03	149
3	3 -- 4				5,68E+06	7,69E-03	132
4	4 -- 5				5,68E+06	7,65E-03	120
5	5 -- 6				5,68E+06	7,62E-03	109
6	6 -- 7				1,38E+08	7,61E-03	108
7	7 -- 8				1,38E+08	6,45E-03	89
8	8 -- 9				1,38E+08	6,11E-03	83
9	9 -- 10				1,38E+08	5,80E-03	77
10	10 -- 11				1,38E+08	5,53E-03	72
11	11 -- 12				2,69E+08	5,06E-03	62
12	12 -- 13				2,69E+08	4,63E-03	57
13	13 -- 14				2,69E+08	4,19E-03	50
14	14 -- 15				2,69E+08	3,80E-03	44
15	15 -- 16				2,69E+08	3,15E-03	34
16	16 -- 17				4,01E+08	3,04E-03	32
17	17 -- 18				4,01E+08	2,56E-03	26
18	18 -- 19				4,16E+08	2,22E-03	22
19	19 -- 20				4,16E+08	2,12E-03	21
20	20 -- 21				4,16E+08	1,75E-03	16
21	21 -- 22				4,16E+08	1,39E-03	12
22	22 -- 23				4,16E+08	1,09E-03	8
23	23 -- 24				4,16E+08	8,30E-04	5
24	24 -- 25				4,16E+08	6,13E-04	3
25	25 -- 26				4,16E+08	4,26E-04	2
26	26 -- 27				4,16E+08	2,64E-04	1
27	27 -- 28				4,16E+08	1,23E-04	0
28					4,16E+08	0,00E+00	0

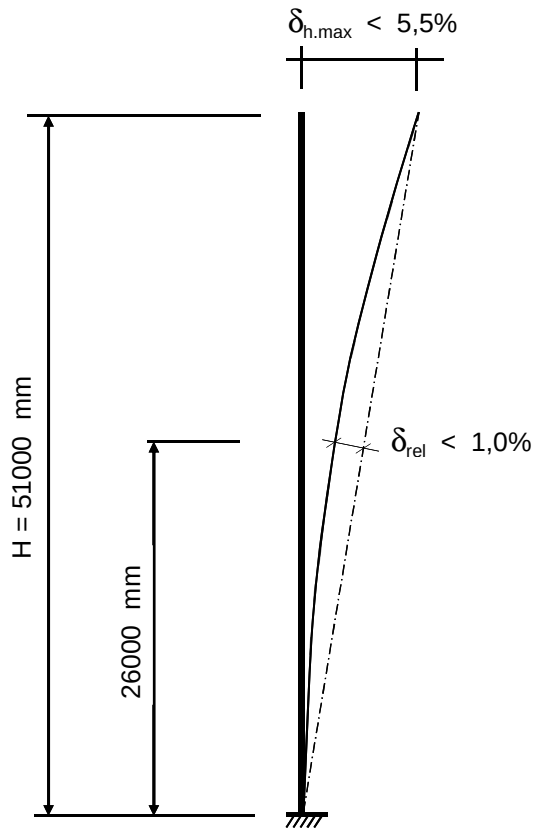
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	5,6E-02	1511
2	2 -- 3	5,6E-02	1472
3	3 -- 4	5,6E-02	1349
4	4 -- 5	5,6E-02	1268
5	5 -- 6	5,5E-02	1188
6	6 -- 7	5,5E-02	1177
7	7 -- 8	5,2E-02	1031
8	8 -- 9	5,1E-02	981
9	9 -- 10	5,0E-02	932
10	10 -- 11	4,9E-02	885
11	11 -- 12	4,6E-02	794
12	12 -- 13	4,4E-02	749
13	13 -- 14	4,2E-02	686
14	14 -- 15	4,0E-02	626
15	15 -- 16	3,6E-02	515
16	16 -- 17	3,5E-02	490
17	17 -- 18	3,2E-02	416
18	18 -- 19	3,0E-02	361
19	19 -- 20	2,9E-02	346
20	20 -- 21	2,6E-02	283
21	21 -- 22	2,2E-02	214
22	22 -- 23	1,9E-02	155
23	23 -- 24	1,5E-02	106
24	24 -- 25	1,2E-02	67
25	25 -- 26	8,7E-03	37
26	26 -- 27	5,6E-03	16
27	27 -- 28	2,8E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1511 mm ----> δ_h *100 / 51000

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 18 ; Hoogte = 26000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 361 mm
α = 1,70 graden

δ_{rel} = 410 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 0,80 % 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	785	360	0	0,00E+00	8,35E-03	243
2	2 -- 3	2584	6516	785	2,75E+05	8,35E-03	237
3	3 -- 4	1797	11102	3369	4,84E+06	8,32E-03	219
4	4 -- 5	1869	14377	5166	1,10E+07	8,26E-03	207
5	5 -- 6	263	17852	7035	1,99E+07	8,17E-03	195
6	6 -- 7	3683	53617	7298	2,13E+07	8,16E-03	193
7	7 -- 8	1375	60672	10982	4,60E+07	7,88E-03	171
8	8 -- 9	1403	63367	12356	5,73E+07	7,75E-03	164
9	9 -- 10	1431	66151	13760	6,99E+07	7,61E-03	156
10	10 -- 11	2892	69024	15191	8,39E+07	7,46E-03	149
11	11 -- 12	1562	110200	18083	1,15E+08	7,12E-03	135
12	12 -- 13	2312	113447	19645	1,34E+08	6,92E-03	128
13	13 -- 14	2365	119458	21957	1,65E+08	6,68E-03	118
14	14 -- 15	4877	125720	24322	1,98E+08	6,41E-03	109
15	15 -- 16	1204	138994	29199	2,76E+08	5,85E-03	91
16	16 -- 17	3845	178253	30403	2,97E+08	5,72E-03	87
17	17 -- 18	3207	191245	34248	3,68E+08	5,33E-03	75
18	18 -- 19	883	211953	37454	4,32E+08	4,99E-03	65
19	19 -- 20	4177	222598	38338	4,51E+08	4,89E-03	63
20	20 -- 21	5336	237675	42515	5,44E+08	4,44E-03	52
21	21 -- 22	5365	259903	47850	6,75E+08	3,91E-03	40
22	22 -- 23	5332	283466	53215	8,22E+08	3,37E-03	30
23	23 -- 24	5216	308364	58547	9,84E+08	2,82E-03	21
24	24 -- 25	4984	334598	63762	1,16E+09	2,26E-03	13
25	25 -- 26	4574	362167	68747	1,35E+09	1,69E-03	7
26	26 -- 27	3838	391070	73321	1,56E+09	1,13E-03	3
27	27 -- 28	3841	421309	77159	1,78E+09	5,62E-04	1
28			465353	81001	2,01E+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	5,76E-02	1613
2	2 -- 3		14692	14692	0,00E+00	5,76E-02	1572
3	3 -- 4			14692	3,23E+07	5,74E-02	1446
4	4 -- 5			14692	5,36E+07	5,71E-02	1363
5	5 -- 6			14692	7,49E+07	5,67E-02	1280
6	6 -- 7		87968	102660	7,79E+07	5,67E-02	1269
7	7 -- 8			102660	3,55E+08	5,48E-02	1118
8	8 -- 9			102660	4,54E+08	5,38E-02	1065
9	9 -- 10			102660	5,54E+08	5,27E-02	1014
10	10 -- 11			102660	6,53E+08	5,15E-02	963
11	11 -- 12		82866	185526	8,48E+08	4,89E-02	868
12	12 -- 13			185526	1,03E+09	4,74E-02	820
13	13 -- 14			185526	1,30E+09	4,55E-02	752
14	14 -- 15			185526	1,57E+09	4,34E-02	688
15	15 -- 16			185526	2,11E+09	3,90E-02	568
16	16 -- 17		76396	261922	2,24E+09	3,81E-02	541
17	17 -- 18			261922	2,82E+09	3,51E-02	460
18	18 -- 19		23198	285120	3,29E+09	3,25E-02	399
19	19 -- 20			285120	3,43E+09	3,17E-02	383
20	20 -- 21			285120	4,09E+09	2,83E-02	314
21	21 -- 22			285120	4,91E+09	2,44E-02	237
22	22 -- 23			285120	5,74E+09	2,05E-02	172
23	23 -- 24			285120	6,57E+09	1,68E-02	118
24	24 -- 25			285120	7,39E+09	1,31E-02	74
25	25 -- 26			285120	8,22E+09	9,62E-03	41
26	26 -- 27			285120	9,05E+09	6,26E-03	18
27	27 -- 28			285120	9,87E+09	3,05E-03	4
28				285120	1,07E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,20E-02	618
2	2 -- 3		5150	5150	0,00E+00	2,20E-02	602
3	3 -- 4			5150	1,13E+07	2,19E-02	554
4	4 -- 5			5150	1,88E+07	2,18E-02	522
5	5 -- 6			5150	2,63E+07	2,16E-02	491
6	6 -- 7		33594	38744	2,73E+07	2,16E-02	487
7	7 -- 8			38744	1,32E+08	2,09E-02	429
8	8 -- 9			38744	1,69E+08	2,06E-02	409
9	9 -- 10			38744	2,07E+08	2,01E-02	389
10	10 -- 11			38744	2,44E+08	1,97E-02	370
11	11 -- 12		32278	71022	3,18E+08	1,87E-02	334
12	12 -- 13			71022	3,89E+08	1,82E-02	315
13	13 -- 14			71022	4,92E+08	1,74E-02	289
14	14 -- 15			71022	5,95E+08	1,67E-02	264
15	15 -- 16			71022	8,01E+08	1,50E-02	218
16	16 -- 17		30620	101642	8,51E+08	1,46E-02	208
17	17 -- 18			101642	1,07E+09	1,35E-02	177
18	18 -- 19		8724	110366	1,26E+09	1,25E-02	154
19	19 -- 20			110366	1,31E+09	1,22E-02	148
20	20 -- 21			110366	1,57E+09	1,09E-02	121
21	21 -- 22			110366	1,89E+09	9,40E-03	91
22	22 -- 23			110366	2,21E+09	7,91E-03	66
23	23 -- 24			110366	2,53E+09	6,46E-03	45
24	24 -- 25			110366	2,85E+09	5,06E-03	29
25	25 -- 26			110366	3,17E+09	3,71E-03	16
26	26 -- 27			110366	3,49E+09	2,41E-03	7
27	27 -- 28			110366	3,81E+09	1,18E-03	2
28				110366	4,13E+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	4,64E-02	1274
2	2 -- 3		17516	17516	0,00E+00	4,64E-02	1242
3	3 -- 4			17516	3,85E+07	4,61E-02	1140
4	4 -- 5			17516	6,39E+07	4,57E-02	1074
5	5 -- 6			17516	8,93E+07	4,53E-02	1008
6	6 -- 7		63474	80990	9,28E+07	4,52E-02	999
7	7 -- 8			80990	3,12E+08	4,35E-02	879
8	8 -- 9			80990	3,90E+08	4,26E-02	837
9	9 -- 10			80990	4,68E+08	4,17E-02	796
10	10 -- 11			80990	5,46E+08	4,06E-02	756
11	11 -- 12		60334	141324	7,00E+08	3,85E-02	681
12	12 -- 13			141324	8,42E+08	3,73E-02	643
13	13 -- 14			141324	1,05E+09	3,57E-02	590
14	14 -- 15			141324	1,25E+09	3,41E-02	540
15	15 -- 16			141324	1,66E+09	3,06E-02	446
16	16 -- 17		56358	197682	1,76E+09	2,98E-02	425
17	17 -- 18			197682	2,20E+09	2,75E-02	361
18	18 -- 19		28460	226142	2,55E+09	2,55E-02	314
19	19 -- 20			226142	2,66E+09	2,49E-02	301
20	20 -- 21			226142	3,18E+09	2,22E-02	247
21	21 -- 22			226142	3,84E+09	1,92E-02	187
22	22 -- 23			226142	4,50E+09	1,62E-02	135
23	23 -- 24			226142	5,15E+09	1,32E-02	93
24	24 -- 25			226142	5,81E+09	1,03E-02	58
25	25 -- 26			226142	6,46E+09	7,57E-03	32
26	26 -- 27			226142	7,12E+09	4,93E-03	14
27	27 -- 28			226142	7,77E+09	2,41E-03	4
28				226142	8,43E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,06E-02	580
2	2 -- 3		5042	5042	0,00E+00	2,06E-02	566
3	3 -- 4			5042	1,11E+07	2,06E-02	520
4	4 -- 5			5042	1,84E+07	2,05E-02	491
5	5 -- 6			5042	2,57E+07	2,03E-02	461
6	6 -- 7		31326	36368	2,67E+07	2,03E-02	457
7	7 -- 8			36368	1,25E+08	1,97E-02	403
8	8 -- 9			36368	1,60E+08	1,93E-02	384
9	9 -- 10			36368	1,95E+08	1,89E-02	366
10	10 -- 11			36368	2,30E+08	1,85E-02	347
11	11 -- 12		30118	66486	2,99E+08	1,76E-02	313
12	12 -- 13			66486	3,66E+08	1,71E-02	296
13	13 -- 14			66486	4,62E+08	1,64E-02	272
14	14 -- 15			66486	5,59E+08	1,56E-02	248
15	15 -- 16			66486	7,52E+08	1,41E-02	205
16	16 -- 17		28600	95086	7,98E+08	1,37E-02	195
17	17 -- 18			95086	1,01E+09	1,27E-02	166
18	18 -- 19		8704	103790	1,18E+09	1,17E-02	144
19	19 -- 20			103790	1,23E+09	1,15E-02	139
20	20 -- 21			103790	1,47E+09	1,02E-02	114
21	21 -- 22			103790	1,77E+09	8,83E-03	86
22	22 -- 23			103790	2,07E+09	7,43E-03	62
23	23 -- 24			103790	2,37E+09	6,07E-03	43
24	24 -- 25			103790	2,67E+09	4,75E-03	27
25	25 -- 26			103790	2,97E+09	3,48E-03	15
26	26 -- 27			103790	3,28E+09	2,27E-03	7
27	27 -- 28			103790	3,58E+09	1,11E-03	2
28				103790	3,88E+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	9,20E-03	182
2	2 -- 3				6,73E+06	9,20E-03	176
3	3 -- 4				6,73E+06	9,10E-03	156
4	4 -- 5				6,73E+06	9,05E-03	142
5	5 -- 6				6,73E+06	9,01E-03	129
6	6 -- 7				1,63E+08	9,01E-03	128
7	7 -- 8				1,63E+08	7,63E-03	105
8	8 -- 9				1,63E+08	7,23E-03	98
9	9 -- 10				1,63E+08	6,86E-03	91
10	10 -- 11				1,63E+08	6,54E-03	85
11	11 -- 12				3,19E+08	5,98E-03	73
12	12 -- 13				3,19E+08	5,48E-03	67
13	13 -- 14				3,19E+08	4,96E-03	59
14	14 -- 15				3,19E+08	4,50E-03	53
15	15 -- 16				3,19E+08	3,73E-03	41
16	16 -- 17				4,75E+08	3,59E-03	38
17	17 -- 18				4,75E+08	3,03E-03	31
18	18 -- 19				4,92E+08	2,63E-03	26
19	19 -- 20				4,92E+08	2,51E-03	24
20	20 -- 21				4,92E+08	2,07E-03	19
21	21 -- 22				4,92E+08	1,64E-03	14
22	22 -- 23				4,92E+08	1,28E-03	10
23	23 -- 24				4,92E+08	9,82E-04	6
24	24 -- 25				4,92E+08	7,25E-04	4
25	25 -- 26				4,92E+08	5,04E-04	2
26	26 -- 27				4,92E+08	3,13E-04	1
27	27 -- 28				4,92E+08	1,46E-04	0
28					4,92E+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	6,52	17,75	25,67
3	3 -- 4	11,10	18,53	65,58
4	4 -- 5	14,38	20,20	92,83
5	5 -- 6	17,85	22,20	120,88
6	6 -- 7	53,62	110,44	387,28
7	7 -- 8	60,67	114,37	613,36
8	8 -- 9	63,37	115,84	695,03
9	9 -- 10	66,15	117,34	790,78
10	10 -- 11	69,02	118,86	904,94
11	11 -- 12	110,20	204,81	1289,67
12	12 -- 13	113,45	206,48	1495,32
13	13 -- 14	119,46	208,95	1796,51
14	14 -- 15	125,72	211,47	2101,31
15	15 -- 16	138,99	216,67	2722,11
16	16 -- 17	178,25	294,35	3030,20
17	17 -- 18	191,24	298,45	3682,28
18	18 -- 19	211,95	325,07	4239,65
19	19 -- 20	222,60	326,01	4402,42
20	20 -- 21	237,68	330,47	5157,38
21	21 -- 22	259,90	336,16	6123,99
22	22 -- 23	283,47	341,88	7107,15
23	23 -- 24	308,36	347,57	8106,86
24	24 -- 25	334,60	353,13	9122,88
25	25 -- 26	362,17	358,45	10154,67
26	26 -- 27	391,07	363,33	11201,25
27	27 -- 28	421,31	367,42	12260,84
28		465,35	371,52	13332,31

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 9 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 8

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 / 889	25,67	6,52	39	25,9	839,9	0,03
2	500 / 889	65,58	11,10	123	67,2	1049,3	0,07
3	500 / 889	92,83	14,38	81	95,6	1200,0	0,08
4	500 / 889	120,88	17,85	80	125,1	1360,9	0,09
5	500 / 889	387,28	53,62	11	392,1	1383,9	0,29
6	500 / 889	613,36	60,67	146	627,0	1713,0	0,37
7	500 / 889	695,03	63,37	50	711,8	1839,4	0,39
8	500 / 889	790,78	66,15	49	810,8	1970,3	0,42
9	500 / 889	904,94	69,02	48	928,3	2105,6	0,45
10	500 / 889	1289,67	110,20	90	1323,0	2384,8	0,56
11	500 / 889	1495,32	113,45	45	1533,7	2538,7	0,61
12	889 / 1045	1796,51	119,46	63	1842,5	3429,5	0,55
13	889 / 1045	2101,31	125,72	60	2154,8	3730,4	0,59
14	889 / 1045	2722,11	138,99	111	2791,0	4370,1	0,65
15	1045 / 1246	3030,20	178,25	25	3103,5	5392,4	0,58
16	1045 / 1246	3682,28	191,24	74	3769,8	6023,7	0,63
17	1045 / 1246	4239,65	211,95	56	4338,9	6566,2	0,67
18	1045 / 1246	4402,42	222,60	15	4504,9	6721,1	0,68
19	1045 / 1246	5157,38	237,68	63	5274,8	7456,6	0,72
20	1246/ 1868	6123,99	259,90	69	6259,5	9333,6	0,68
21	1246/ 1868	7107,15	283,47	59	7259,4	10489,5	0,70
22	1246/ 1868	8106,86	308,36	49	8274,2	11712,9	0,72
23	1246/ 1868	9122,88	334,60	39	9303,3	13003,7	0,73
24	1246/ 1868	10154,67	362,17	30	10345,9	14362,1	0,73
25	1246/ 1868	11201,25	391,07	21	11400,6	15787,9	0,73
26	1246/ 1868	12260,84	421,31	12	12465,3	17281,2	0,73
27	1246/ 1868	13332,31	465,35	4	13538,7	18842,0	0,73

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	12,0	43,23	0,81	355	355
578	12,0	48,15	0,81	355	355
617	12,0	51,39	0,81	355	355
656	12,0	54,63	0,81	355	355
661	12,0	55,08	0,81	355	355
733	12,0	61,11	0,81	349	355
759	12,0	63,27	0,81	340	355
785	12,0	65,44	0,81	333	355
811	12,0	67,60	0,81	326	355
862	12,0	71,84	0,81	313	355
889	12,0	74,08	0,81	306	355
928	15,0	61,86	0,81	346	355
967	15,0	64,45	0,81	336	355
1045	15,0	69,63	0,81	319	355
1063	18,0	59,07	0,81	355	355
1122	18,0	62,35	0,81	344	355
1171	18,0	65,03	0,81	334	355
1184	18,0	65,78	0,81	332	355
1246	18,0	69,21	0,81	320	355
1323	20,0	66,17	0,81	330	355
1401	20,0	70,06	0,81	318	355
1479	20,0	73,95	0,81	307	355
1557	20,0	77,84	0,81	297	355
1635	20,0	81,73	0,81	288	355
1712	20,0	85,62	0,81	279	355
1790	20,0	89,51	0,81	272	355
1868	20,0	93,40	0,81	265	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 / 889	11,38	0,35	355	355	0,03
2	500 / 889	25,33	0,55	355	355	0,07
3	500 / 889	30,22	0,65	355	355	0,09
4	500 / 889	34,72	0,76	355	355	0,10
5	500 / 889	101,42	2,20	355	355	0,29
6	500 / 889	144,15	2,35	355	349	0,41
7	500 / 889	142,32	2,29	355	340	0,41
8	500 / 889	151,16	2,31	355	333	0,43
9	500 / 889	161,75	2,33	355	326	0,46
10	500 / 889	209,38	3,54	355	313	0,60
11	500 / 889	221,23	3,48	355	306	0,63
12	889 / 1045	199,18	2,84	355	346	0,57
13	889 / 1045	213,77	2,86	355	336	0,61
14	889 / 1045	245,01	2,98	355	319	0,70
15	1045 / 1246	208,07	3,04	355	355	0,59
16	1045 / 1246	234,63	3,15	355	344	0,67
17	1045 / 1246	244,80	3,32	355	334	0,70
18	1045 / 1246	251,16	3,47	355	332	0,72
19	1045 / 1246	264,33	3,51	355	320	0,76
20	1246/ 1868	253,06	3,27	355	330	0,72
21	1246/ 1868	260,23	3,36	355	318	0,74
22	1246/ 1868	264,80	3,46	355	307	0,76
23	1246/ 1868	267,43	3,56	355	297	0,77
24	1246/ 1868	268,59	3,66	355	288	0,77
25	1246/ 1868	268,62	3,76	355	279	0,77
26	1246/ 1868	267,77	3,87	355	272	0,77
27	1246/ 1868	266,23	4,09	355	265	0,77

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

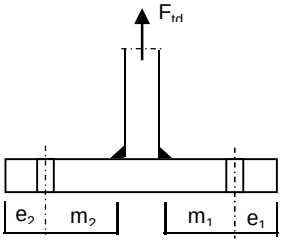
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

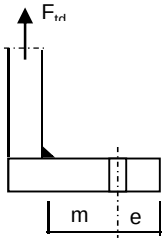
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

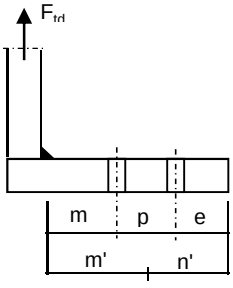
Flenzen en voetplaat:



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		2028					
st.c binnenkant		1668					
1848	48	591,51	7,74	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 25,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		995,00					
995,00	24	728,15	13,58	19	M 48 - 10,9	1060,6	0,69

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							
2028,00	1668,00	73,2	100,0	91,5			218,3
2028,00	1668,00	73,2	100,0	91,5			265,5
flenzen op 25,5 m hoogte.							
995,00	995,0	69,7	60,0	60,0			130,2
995,00	995,0	69,7	60,0	60,0			130,2

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	6,58E+07	3596,67	1741,98	1696,90	1696,90	1183,02	0,70
60	8,00E+07	4372,93	1914,48	1696,90	1696,90	1183,02	0,70
flenzen op 25,5 m hoogte.							
80	6,98E+07	2002,86	1028,78	2121,12	1028,78	728,15	0,71
80	6,98E+07	2002,86	1028,78	2121,12	1028,78	728,15	0,71

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 / 1868	0,64	1,184	0,18	4,24

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	1069	1,000		1,000			
2	1044	0,976	1 -- 2	0,988	114	434	782,8
3	965	0,902	2 -- 3	0,939	382		173,7
4	913	0,854	3 -- 4	0,878	273		188,2
5	861	0,806	4 -- 5	0,830	290		199,7
6	854	0,799	5 -- 6	0,802	41	2982	15115,3
7	760	0,711	6 -- 7	0,755	588		217,8
8	727	0,680	7 -- 8	0,695	225		232,3
9	694	0,649	8 -- 9	0,665	232		240,0
10	662	0,620	9 -- 10	0,635	239		247,7
11	602	0,563	10 -- 11	0,591	492	2982	1828,4
12	571	0,534	11 -- 12	0,548	271		270,6
13	527	0,493	12 -- 13	0,513	501		345,5
14	485	0,454	13 -- 14	0,473	522		359,9
15	406	0,380	14 -- 15	0,417	1106		381,5
16	388	0,363	15 -- 16	0,372	332	2982	4734,6
17	334	0,312	16 -- 17	0,338	1083		492,1
18	293	0,274	17 -- 18	0,293	929	808	964,7
19	281	0,263	18 -- 19	0,268	259	628	1774,1
20	233	0,218	19 -- 20	0,241	1256		546,3
21	179	0,168	20 -- 21	0,193	1852		638,7
22	132	0,123	21 -- 22	0,145	1964		677,1
23	92	0,086	22 -- 23	0,105	2075		715,5
24	59	0,055	23 -- 24	0,070	2186		753,8
25	33	0,031	24 -- 25	0,043	2297		792,2
26	15	0,014	25 -- 26	0,022	2409		830,6
27	4	0,003	26 -- 27	0,009	2520		868,9
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	2631	1039	1265,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	783	0,988	0,700	0,68	535,10	0,69
2 -- 3	174	0,939	2,200	1,94	337,28	2,07
3 -- 4	188	0,878	1,450	1,12	210,45	1,27
4 -- 5	200	0,830	1,450	1,00	199,39	1,20
5 -- 6	15115	0,802	0,200	0,13	1946,16	0,16
6 -- 7	218	0,755	2,700	1,54	335,02	2,04
7 -- 8	232	0,695	0,967	0,47	108,55	0,67
8 -- 9	240	0,665	0,967	0,43	102,47	0,64
9 -- 10	248	0,635	0,967	0,39	96,38	0,61
10 -- 11	1828	0,591	1,900	0,66	1213,96	1,12
11 -- 12	271	0,548	1,000	0,30	81,32	0,55
12 -- 13	345	0,513	1,450	0,38	132,05	0,74
13 -- 14	360	0,473	1,450	0,33	116,96	0,69
14 -- 15	381	0,417	2,900	0,50	192,24	1,21
15 -- 16	4735	0,372	0,700	0,10	457,45	0,26
16 -- 17	492	0,338	2,200	0,25	123,51	0,74
17 -- 18	965	0,293	1,800	0,15	149,08	0,53
18 -- 19	1774	0,268	0,500	0,04	63,93	0,13
19 -- 20	546	0,241	2,300	0,13	72,87	0,55
20 -- 21	639	0,193	2,900	0,11	68,97	0,56
21 -- 22	677	0,145	2,900	0,06	41,54	0,42
22 -- 23	715	0,105	2,900	0,03	22,67	0,30
23 -- 24	754	0,070	2,900	0,01	10,81	0,20
24 -- 25	792	0,043	2,900	0,01	4,23	0,12
25 -- 26	831	0,022	2,900	0,00	1,20	0,06
26 -- 27	869	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1266	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,76	6623,77	17,60

m_e = 6623,8 / 10,8 = 615,5 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 / 1868	615,5	0,030	1,25	1,184	21,1

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 21,1

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 17,60 / (4 * π * 10,76) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,184 * 4,24 / $15*10^{-6}$ = 3,3E+05

C_{lat} = 0,59

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 = 7,10 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,23 / 17,60 = 0,35

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,047 * 0,130 * 0,35 * 0,592730 = 0,040

$y_{F;max}$ = 1,184 * 0,040 = 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		83468	83468	0,00E+00	5,2E-02	1000
2	2 -- 3			83468	5,84E+07	5,2E-02	964
3	3 -- 4			83468	2,42E+08	4,9E-02	852
4	4 -- 5			83468	3,63E+08	4,7E-02	782
5	5 -- 6			83468	4,84E+08	4,5E-02	715
6	6 -- 7			83468	5,01E+08	4,4E-02	706
7	7 -- 8			83468	7,26E+08	3,9E-02	593
8	8 -- 9			83468	8,07E+08	3,7E-02	556
9	9 -- 10			83468	8,88E+08	3,5E-02	521
10	10 -- 11			83468	9,68E+08	3,3E-02	488
11	11 -- 12			83468	1,13E+09	3,0E-02	428
12	12 -- 13			83468	1,21E+09	2,8E-02	399
13	13 -- 14			83468	1,33E+09	2,6E-02	360
14	14 -- 15			83468	1,45E+09	2,4E-02	324
15	15 -- 16			83468	1,69E+09	2,0E-02	259
16	16 -- 17			83468	1,75E+09	1,9E-02	246
17	17 -- 18			83468	1,94E+09	1,7E-02	205
18	18 -- 19			83468	2,09E+09	1,6E-02	176
19	19 -- 20			83468	2,13E+09	1,5E-02	168
20	20 -- 21			83468	2,32E+09	1,3E-02	136
21	21 -- 22			83468	2,56E+09	1,1E-02	101
22	22 -- 23			83468	2,80E+09	9,0E-03	72
23	23 -- 24			83468	3,05E+09	7,2E-03	49
24	24 -- 25			83468	3,29E+09	5,5E-03	31
25	25 -- 26			83468	3,53E+09	4,0E-03	17
26	26 -- 27			83468	3,77E+09	2,5E-03	7
27	27 -- 28			83468	4,01E+09	1,2E-03	2
28	28 -- 29			83468	4,26E+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	12,0	2365830	25	0,0473	2,3
2	578	12,0	2955694	82	0,0473	7,8
3	617	12,0	3380356	107	0,0473	10,2
4	656	12,0	3833533	126	0,0473	12,0
5	661	12,0	3898278	128	0,0473	12,2
6	733	12,0	4825429	150	0,0473	14,2
7	759	12,0	5181408	156	0,0473	14,7
8	785	12,0	5550059	160	0,0473	15,1
9	811	12,0	5931383	163	0,0473	15,5
10	862	12,0	6717818	168	0,0473	15,9
11	889	12,0	7151396	169	0,0473	16,0
12	928	15,0	9660615	138	0,0473	13,0
13	967	15,0	10508108	138	0,0473	13,1
14	1045	15,0	12310025	138	0,0473	13,0
15	1063	18,0	15189842	115	0,0473	10,9
16	1122	18,0	16968157	114	0,0473	10,8
17	1171	18,0	18496378	113	0,0473	10,7
18	1184	18,0	18932581	112	0,0473	10,6
19	1246	18,0	21004621	110	0,0473	10,5
20	1323	20,0	26291746	97	0,0473	9,2
21	1401	20,0	29547804	95	0,0473	9,0
22	1479	20,0	32993959	92	0,0473	8,7
23	1557	20,0	36630211	90	0,0473	8,5
24	1635	20,0	40456561	87	0,0473	8,3
25	1712	20,0	44473007	85	0,0473	8,0
26	1790	20,0	48679552	82	0,0473	7,8
27	1868	20,0	53076194	80	0,0473	7,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,64 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 4,24 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 = 47,448 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,15

$V_m(z)$ = 30,9 m/s

V_o = 30,9 * 20 / 100 = 6,18 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,64 * [4,24 / 6,18]^2 * \exp[-(4,24 / 6,18)^2]$ = 1,82E+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.

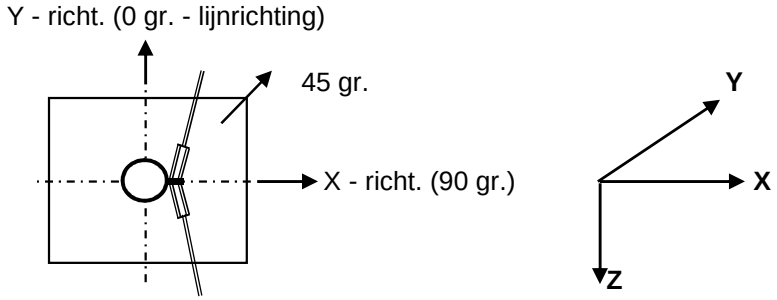
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	9,30	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
		12,20					
5	Lasnaad	14,35	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
		14,60					
7	Lasnaad	17,10	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
10	Lasnaad	18,55	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
12	Lasnaad	19,23	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
14	Lasnaad	15,70	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
15	Lasnaad	15,64	45	24,75	1,000E+10		
17	Lasnaad	12,97	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
19	flenzen	12,77	35	19,25	1,000E+10	1,82E+08	0,02
20	Lasnaad	12,55	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
21	Lasnaad	11,07	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
22	Lasnaad	10,78	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
23	Lasnaad	10,49	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
24	Lasnaad	10,20	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
25	Lasnaad	9,92	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
26	Lasnaad	9,64	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
27	Lasnaad	9,37	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
28	voetplaat	9,11	35	19,25	1,000E+10	1,82E+08	0,02

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			345			
2 - Windbelasting mast	86				2141	
3 - Belasting geval 1a	285		120		11192	
4 - Belasting geval 1b	110		128		4650	
5 - Belasting geval 3	226		231		9307	
6 - Belasting geval 4	104		150		4483	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	372		**465**		**13332**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	127		473		5051	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	250		576		9909	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	120		495		4885	

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	9492	kNm	13332	kNm	13332	kNm
Dwarskracht	260	kN	372	kN	372	kN
Verticale kracht	389	kN	465	kN	350	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		2028,00					
st.c binnenkant		1668,00					
1848	48	591,51	7,74	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2028,00					
st.c binnenkant		1668,00					
1848	48	419,91	5,42	28	M 48 - 8,8	848,45	0,49

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 591,5 kN

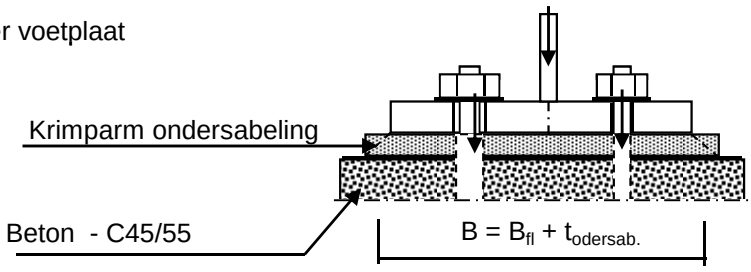
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 419,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 610,9 + 1,00 * 419,9 = 1030,8 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

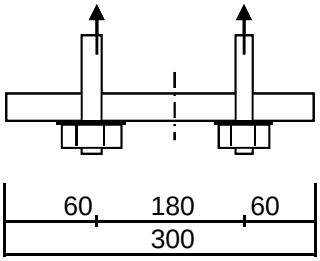
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	380,0	mm	D =	1848	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	48	
B =	420,0	mm			

A_{voetpl} = 420 * 2*π*D / n = 101599 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

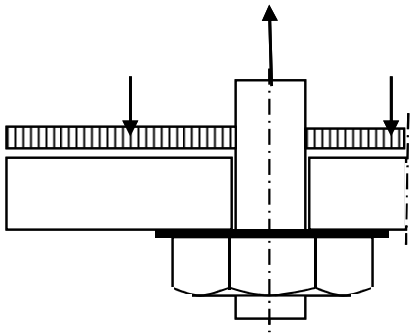


D = 1848 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 72571 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 60 mm
L_{veld} = 180 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 29343 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1467 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 36679 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 36679 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1467 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} = 36679 / 79875,0 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 163,0 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1467 / 6149 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 48,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (163,0^2 + 3*49,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 184 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage D en D2

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17635	6416	145171	17635	6416	-145171
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17635	6410	145171	17635	6410	-145171
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17635	6403	145171	17635	6403	-145171
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2307	846	19061	2307	846	-19061
	Comp. gl	4782	1744	39484	4782	1744	-39484
1b	380C1F1 / 380C2F1	18775	7858	179579	18775	7858	-179579
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18775	7856	179579	18775	7856	-179579
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18775	7855	179579	18775	7855	-179579
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2444	1016	23200	2444	1016	-23200
	Comp. gl	5040	2068	47269	5040	2068	-47269
3	380C1F1 / 380C2F1	29677	10027	228713	29677	10027	-228713
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29677	10024	228713	29677	10024	-228713
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29677	10020	228713	29677	10020	-228713
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8767	2406	54819	8767	2406	-54819
	Comp. gl	17703	4840	110455	17703	4840	-110455
4	380C1F1 / 380C2F1	21591	7591	173508	21591	7591	-173508
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21591	7590	173508	21591	7590	-173508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21591	7588	173508	21591	7588	-173508
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3279	1122	25636	3279	1122	-25636
	Comp. gl	6721	2295	52466	6721	2295	-52466
6	380C1F1 / 380C2F1	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
	GW / opgw	2573	908	20791	2573	908	-20791
	Comp. gl	5335	1879	43036	5335	1879	-43036
1a	380C1F1 / 380C2F1	15923	27946	183051	15923	27946	-183051
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16075	26438	178462	16075	26438	-178462
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	16274	24520	172923	16274	24520	-172923
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2005	4581	27344	2005	4581	-27344
	Comp. gl	4346	7372	49352	4346	7372	-49352

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	18615	12741	181279	18615	12741	-181279
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18637	12375	181023	18637	12375	-181023
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18663	11915	180730	18663	11915	-180730
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2408	1872	23643	2408	1872	-23643
	Comp. gl	5003	3318	47716	5003	3318	-47716
3	380C1F1 / 380C2F1	29197	21970	235419	29197	21970	-235419
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29261	21079	234446	29261	21079	-234446
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29337	19958	233327	29337	19958	-233327
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8648	5893	56549	8648	5893	-56549
	Comp. gl	17571	9960	112266	17571	9960	-112266
4	380C1F1 / 380C2F1	21497	11970	174796	21497	11970	-174796
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21510	11639	174600	21510	11639	-174600
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21525	11226	174375	21525	11226	-174375
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3261	1881	25899	3261	1881	-25899
	Comp. gl	6702	3409	52730	6702	3409	-52730
1a	380C1F1 / 380C2F1	14690	43984	239132	14690	43984	-239132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14839	41433	229702	14839	41433	-229702
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15052	38198	217907	15052	38198	-217907
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	7346	37888	1856	7346	-37888
	Comp. gl	4011	11599	64312	4011	11599	-64312
1b	380C1F1 / 380C2F1	18273	16797	185466	18273	16797	-185466
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18339	16139	184622	18339	16139	-184622
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18417	15310	183647	18417	15310	-183647
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2338	2575	24675	2338	2575	-24675
	Comp. gl	4922	4362	48816	4922	4362	-48816
3	380C1F1 / 380C2F1	28308	31737	250537	28308	31737	-250537
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	28467	30167	247587	28467	30167	-247587
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	28662	28179	244125	28662	28179	-244125
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8429	8758	60454	8429	8758	-60454
	Comp. gl	17300	14230	116633	17300	14230	-116633
4	380C1F1 / 380C2F1	21289	15663	178051	21289	15663	-178051
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21330	15059	177389	21330	15059	-177389

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21377	14300	176629	21377	14300	-176629
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3222	2521	26550	3222	2521	-26550
	Comp. gl	6659	4352	53415	6659	4352	-53415
1a	380C1F1 / 380C2F1	16257	24686	173387	16257	24686	-173387
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16394	23387	169821	16394	23387	-169821
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	16569	21738	165560	16569	21738	-165560
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2053	4023	25386	2053	4023	-25386
	Comp. gl	4434	6514	46808	4434	6514	-46808
1b	380C1F1 / 380C2F1	18661	11954	180754	18661	11954	-180754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18677	11646	180574	18677	11646	-180574
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18696	11260	180369	18696	11260	-180369
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2418	1734	23510	2418	1734	-23510
	Comp. gl	5014	3116	47578	5014	3116	-47578
3	380C1F1 / 380C2F1	29331	20054	233418	29331	20054	-233418
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29378	19302	232725	29378	19302	-232725
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29433	18357	231931	29433	18357	-231931
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8681	5333	56031	8681	5333	-56031
	Comp. gl	17609	9134	111709	17609	9134	-111709
4	380C1F1 / 380C2F1	21524	11261	174393	21524	11261	-174393
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21534	10984	174256	21534	10984	-174256
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21545	10637	174099	21545	10637	-174099
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3266	1758	25818	3266	1758	-25818
	Comp. gl	6708	3229	52646	6708	3229	-52646
1a	380C1F1 / 380C2F1	13532	5238	118131	13532	5238	-118131
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13532	5232	118131	13532	5232	-118131
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	13532	5224	118131	13532	5224	-118131
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1766	685	15377	1766	685	-15377
	Comp. gl	3663	1414	31921	3663	1414	-31921
1b	380C1F1 / 380C2F1	14692	6701	153065	14692	6701	-153065
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14692	6700	153065	14692	6700	-153065
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14692	6698	153065	14692	6698	-153065
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1902	854	19487	1902	854	-19487

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3920	1736	39658	3920	1736	-39658
3	380C1F1 / 380C2F1	25733	9058	206491	25733	9058	-206491
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25733	9055	206491	25733	9055	-206491
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25733	9051	206492	25733	9051	-206492
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8273	2308	52570	8273	2308	-52570
	Comp. gl	16679	4638	105810	16679	4638	-105810
4	380C1F1 / 380C2F1	17553	6496	148429	17553	6496	-148429
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17553	6495	148429	17553	6495	-148429
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17553	6494	148429	17553	6494	-148429
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2752	981	22397	2752	981	-22397
	Comp. gl	5631	2004	45801	5631	2004	-45801
6	380C1F1 / 380C2F1	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
	GW / opgw	1766	671	15377	1766	671	-15377
	Comp. gl	3663	1394	31921	3663	1394	-31921
1a	380C1F1 / 380C2F1	11665	27059	167338	11665	27059	-167338
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11797	25562	161852	11797	25562	-161852
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11976	23659	155112	11976	23659	-155112
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1463	4453	25667	1463	4453	-25667
	Comp. gl	3185	7122	44799	3185	7122	-44799
1b	380C1F1 / 380C2F1	14451	11898	155593	14451	11898	-155593
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14484	11511	155221	14484	11511	-155221
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14522	11024	154794	14522	11024	-154794
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1851	1757	20139	1851	1757	-20139
	Comp. gl	3865	3057	40328	3865	3057	-40328
3	380C1F1 / 380C2F1	25155	21260	214770	25155	21260	-214770
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25231	20355	213588	25231	20355	-213588
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25320	19214	212221	25320	19214	-212221
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8145	5819	54454	8145	5819	-54454
	Comp. gl	16535	9795	107795	16535	9795	-107795
4	380C1F1 / 380C2F1	17428	11017	150223	17428	11017	-150223

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17446	10677	149955	17446	10677	-149955
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17466	10249	149648	17466	10249	-149648
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2730	1759	22742	2730	1759	-22742
	Comp. gl	5607	3146	46153	5607	3146	-46153
1a	380C1F1 / 380C2F1	10739	43037	230164	10739	43037	-230164
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10840	40486	219962	10840	40486	-219962
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	10989	37256	207046	10989	37256	-207046
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1362	7220	37011	1362	7220	-37011
	Comp. gl	2930	11334	61668	2930	11334	-61668
1b	380C1F1 / 380C2F1	13976	16120	161522	13976	16120	-161522
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14064	15444	160346	14064	15444	-160346
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14170	14586	158976	14170	14586	-158976
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1761	2476	21569	1761	2476	-21569
	Comp. gl	3754	4142	41902	3754	4142	-41902
3	380C1F1 / 380C2F1	24164	31102	232728	24164	31102	-232728
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24335	29529	229277	24335	29529	-229277
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	24548	27533	225197	24548	27533	-225197
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7917	8692	58639	7917	8692	-58639
	Comp. gl	16247	14086	112520	16247	14086	-112520
4	380C1F1 / 380C2F1	17162	14814	154588	17162	14814	-154588
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17213	14195	153710	17213	14195	-153710
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17274	13416	152695	17274	13416	-152695
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2683	2412	23570	2683	2412	-23570
	Comp. gl	5553	4112	47038	5553	4112	-47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	11960	23823	155681	11960	23823	-155681
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12089	22533	151272	12089	22533	-151272
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12260	20892	145911	12260	20892	-145911
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1500	3898	23433	1500	3898	-23433
	Comp. gl	3264	6269	41707	3264	6269	-41707
1b	380C1F1 / 380C2F1	14519	11066	154829	14519	11066	-154829
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14543	10739	154566	14543	10739	-154566
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14571	10329	154265	14571	10329	-154265

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1865	1613	19947	1865	1613	-19947
	Comp. gl	3881	2844	40126	3881	2844	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	25313	19312	212333	25313	19312	-212333
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25369	18545	211485	25369	18545	-211485
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25435	17582	210510	25435	17582	-210510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8180	5256	53894	8180	5256	-53894
	Comp. gl	16576	8964	107188	16576	8964	-107188
4	380C1F1 / 380C2F1	17464	10286	149673	17464	10286	-149673
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17477	10000	149484	17477	10000	-149484
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17491	9641	149269	17491	9641	-149269
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	1633	22637	2736	1633	-22637
	Comp. gl	5614	2961	46043	5614	2961	-46043

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14909	5617	127432	14909	5617	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	5613	127432	14909	5613	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14909	5608	127432	14909	5608	-127432
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	736	16643	1947	736	-16643
	Comp. gl	4039	1521	34520	4039	1521	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	16061	7092	162158	16061	7092	-162158
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16061	7091	162158	16061	7091	-162158
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16061	7090	162158	16061	7090	-162158
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2084	909	20764	2084	909	-20764
	Comp. gl	4296	1849	42275	4296	1849	-42275
3	380C1F1 / 380C2F1	23225	8404	191833	23225	8404	-191833
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23225	8402	191833	23225	8402	-191833
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23225	8400	191833	23225	8400	-191833
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6349	1903	43390	6349	1903	-43390
	Comp. gl	12838	3835	87551	12838	3835	-87551
4	380C1F1 / 380C2F1	17633	6513	148943	17633	6513	-148943
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17633	6513	148944	17633	6513	-148944
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17633	6512	148944	17633	6512	-148944
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2611	940	21496	2611	940	-21496
	Comp. gl	5362	1928	44096	5362	1928	-44096
1a	380C1F1 / 380C2F1	13779	20517	150416	13779	20517	-150416
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13895	19455	147481	13895	19455	-147481
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14041	18107	143985	14041	18107	-143985
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1738	3325	21819	1738	3325	-21819
	Comp. gl	3755	5405	40473	3755	5405	-40473
1b	380C1F1 / 380C2F1	15967	10477	163093	15967	10477	-163093
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15980	10223	162950	15980	10223	-162950
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	15995	9904	162786	15995	9904	-162786
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2063	1500	21012	2063	1500	-21012
	Comp. gl	4274	2710	42523	4274	2710	-42523
3	380C1F1 / 380C2F1	22911	16694	196112	22911	16694	-196112

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22954	16073	195485	22954	16073	-195485
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23004	15293	194766	23004	15293	-194766
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6264	4325	44620	6264	4325	-44620
	Comp. gl	12745	7389	88833	12745	7389	-88833
4	380C1F1 / 380C2F1	17577	9518	149698	17577	9518	-149698
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17585	9291	149581	17585	9291	-149581
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17594	9007	149448	17594	9007	-149448
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2600	1462	21657	2600	1462	-21657
	Comp. gl	5350	2693	44255	5350	2693	-44255
1a	380C1F1 / 380C2F1	12716	31782	188346	12716	31782	-188346
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12857	29997	181761	12857	29997	-181761
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	13052	27729	173623	13052	27729	-173623
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1598	5257	29216	1598	5257	-29216
	Comp. gl	3473	8373	50513	3473	8373	-50513
1b	380C1F1 / 380C2F1	15757	13308	165473	15757	13308	-165473
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15799	12847	164989	15799	12847	-164989
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	15847	12266	164432	15847	12266	-164432
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2019	1991	21611	2019	1991	-21611
	Comp. gl	4226	3434	43151	4226	3434	-43151
3	380C1F1 / 380C2F1	22299	23524	206006	22299	23524	-206006
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22412	22422	204054	22412	22422	-204054
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22548	21029	201775	22548	21029	-201775
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6105	6320	47419	6105	6320	-47419
	Comp. gl	12550	10359	91941	12550	10359	-91941
4	380C1F1 / 380C2F1	17450	12058	151648	17450	12058	-151648
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17476	11641	151249	17476	11641	-151249
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17505	11119	150792	17505	11119	-150792
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2576	1902	22061	2576	1902	-22061
	Comp. gl	5323	3341	44677	5323	3341	-44677
1a	380C1F1 / 380C2F1	14029	18223	144275	14029	18223	-144275
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14127	17311	142050	14127	17311	-142050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14248	16156	139423	14248	16156	-139423

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1777	2933	20521	1777	2933	-20521
	Comp. gl	3819	4802	38869	3819	4802	-38869
1b	380C1F1 / 380C2F1	15994	9931	162799	15994	9931	-162799
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16004	9717	162699	16004	9717	-162699
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16015	9449	162585	16015	9449	-162585
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2069	1404	20936	2069	1404	-20936
	Comp. gl	4281	2571	42445	4281	2571	-42445
3	380C1F1 / 380C2F1	22999	15360	194824	22999	15360	-194824
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23031	14837	194380	23031	14837	-194380
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23067	14181	193872	23067	14181	-193872
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6288	3936	44251	6288	3936	-44251
	Comp. gl	12771	6816	88439	12771	6816	-88439
4	380C1F1 / 380C2F1	17593	9031	149459	17593	9031	-149459
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17599	8841	149378	17599	8841	-149378
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17606	8603	149285	17606	8603	-149285
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2603	1377	21607	2603	1377	-21607
	Comp. gl	5353	2569	44204	5353	2569	-44204

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H300(+5)"

Mast 37

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 “W2H300(+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 A, A1 en A2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H300(+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 W2H300(+5) zijn de bijlage A en A1 (berekening maststerkte) en bijlage A2 (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 46,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,863 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 20.35 meter en 25.65 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 W2H300(+5) zijn de bijlage A en A1 (berekening maststerkte) en bijlage A2 (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 “W2H300(+5)”

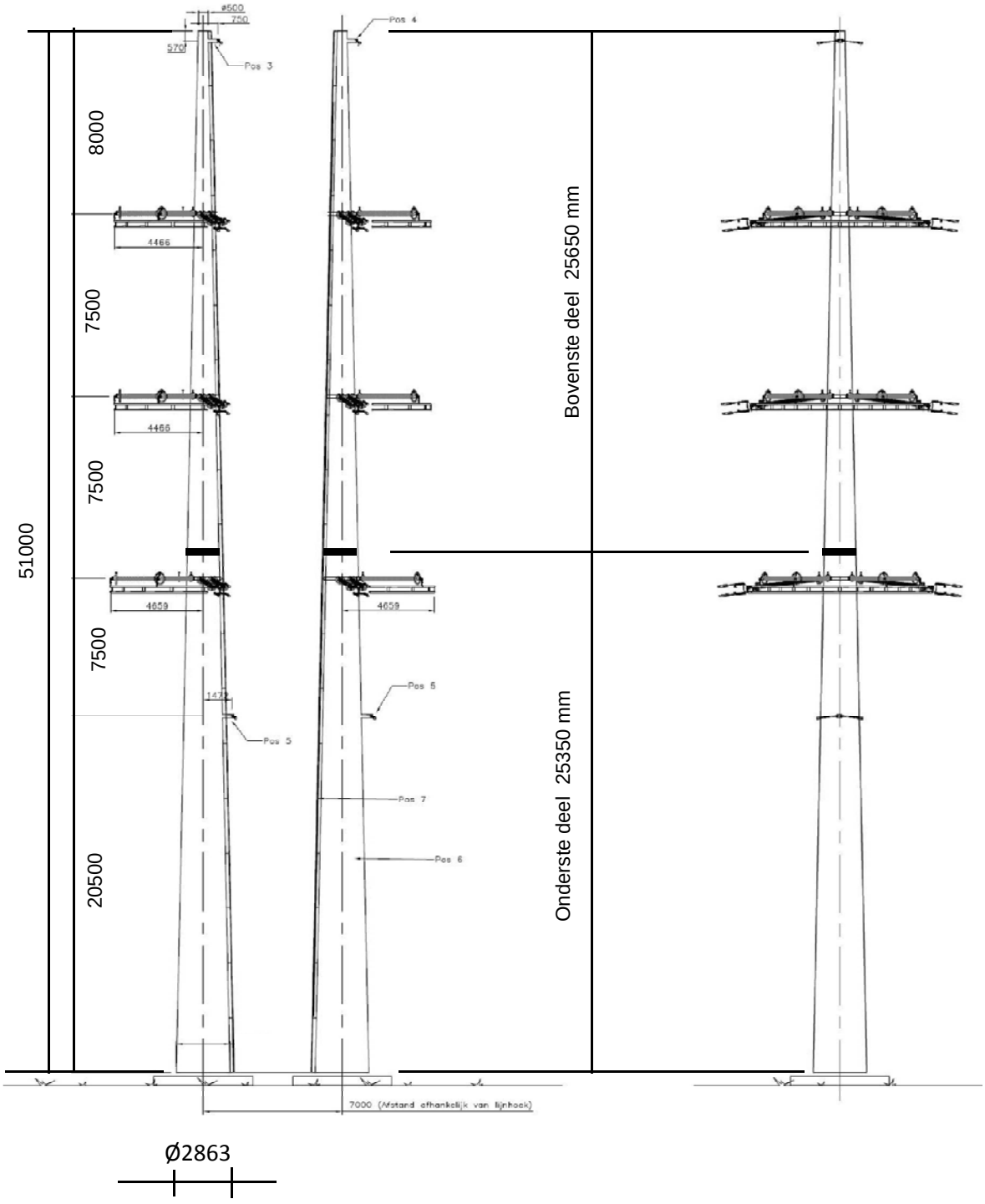
Berekening

W2H300+5

46,0 m - 2863 - 500

Mast 37

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H300(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,566

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	526	500	n.v.t.	2	1	45,72
2	2280	632	526	n.v.t.	2	1	44,29
3	1425	698	632	n.v.t.	2	1	42,44
4	1425	764	698	n.v.t.	2	1	41,01
5	2300	871	764	n.v.t.	2	1	39,15
6	550	896	871	n.v.t.	2	1	37,73
7	1425	962	896	n.v.t.	2	1	36,74
8	1425	1028	962	n.v.t.	2	1	35,31
9	2850	1160	1028	n.v.t.	2	1	33,18
10	1250	1218	1160	n.v.t.	2	1	31,13
11	1600	1293	1218	n.v.t.	2	1	29,70
12	2850	1425	1293	n.v.t.	2	1	27,48
13	2850	1557	1425	n.v.t.	2	1	24,63
14	200	1566	1557	n.v.t.	2	1	23,10
15	2650	1689	1566	n.v.t.	2	1	21,68
16	1455	1756	1689	n.v.t.	2	1	19,62
17	1455	1824	1756	n.v.t.	2	1	18,17
18	1940	1914	1756	n.v.t.	2	1	16,47
19	970	1959	1914	n.v.t.	2	1	15,02
20	1455	2026	1959	n.v.t.	2	1	13,80
21	1455	2093	2026	n.v.t.	2	1	12,35
22	1453	2161	2093	n.v.t.	2	1	10,89
23	1453	2228	2161	n.v.t.	2	1	9,44
24	1453	2295	2228	n.v.t.	2	1	7,99
25	1453	2363	2295	n.v.t.	2	1	6,54
26	2905	2497	2363	n.v.t.	2	1	4,36
27	2905	2632	2497	n.v.t.	2	1	1,45
	46000				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	513	20,0	30989	243,27	9,44E+08	174,52	3,68E+06
2	579	20,0	35139	275,84	1,38E+09	197,85	4,75E+06
3	665	20,0	40534	318,19	2,11E+09	228,19	6,35E+06
4	731	20,0	44683	350,77	2,83E+09	251,53	7,73E+06
5	817	22,0	54980	431,59	4,35E+09	281,35	1,06E+07
6	884	22,0	59545	467,42	5,53E+09	304,70	1,25E+07
7	929	22,0	62708	492,26	6,46E+09	320,87	1,39E+07
8	995	22,0	67273	528,09	7,97E+09	344,22	1,60E+07
9	1094	22,0	74120	581,84	1,07E+10	379,23	1,95E+07
10	1189	22,0	80687	633,39	1,38E+10	412,82	2,31E+07
11	1255	22,0	85251	669,22	1,62E+10	436,17	2,58E+07
12	1359	22,0	92379	725,17	2,06E+10	472,62	3,04E+07
13	1491	22,0	101508	796,84	2,74E+10	519,32	3,67E+07
14	1561	22,0	106393	835,19	3,15E+10	544,30	4,04E+07
15	1627	22,0	110958	871,02	3,58E+10	567,65	4,39E+07
16	1723	22,0	117533	922,63	4,25E+10	601,28	4,93E+07
17	1790	22,0	122194	959,22	4,78E+10	625,12	5,34E+07
18	1835	22,0	125301	983,61	5,15E+10	641,02	5,61E+07
19	1936	22,0	132292	1038,49	6,06E+10	676,78	6,26E+07
20	1992	22,0	136176	1068,98	6,61E+10	696,64	6,63E+07
21	2060	22,0	140837	1105,57	7,31E+10	720,48	7,10E+07
22	2127	22,0	145494	1142,13	8,06E+10	744,31	7,58E+07
23	2194	22,0	150147	1178,65	8,86E+10	768,11	8,07E+07
24	2262	22,0	154800	1215,18	9,71E+10	791,91	8,58E+07
25	2329	22,0	159452	1251,70	1,06E+11	815,71	9,11E+07
26	2430	22,0	166432	1306,49	1,21E+11	851,41	9,93E+07
27	2565	22,0	175737	1379,54	1,42E+11	899,01	1,11E+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	46000	1 -- 2	1	570	3,10E+04	9,44E+08
2	45430	2 -- 3	2	2280	3,51E+04	1,38E+09
3	43150	3 -- 4	3	1425	4,05E+04	2,11E+09
4	41725	4 -- 5	4	1425	4,47E+04	2,83E+09
5	40300	5 -- 6	5	2300	5,50E+04	4,35E+09
6	38000	6 -- 7	6	550	5,95E+04	5,53E+09
7	37450	7 -- 8	7	1425	6,27E+04	6,46E+09
8	36025	8 -- 9	8	1425	6,73E+04	7,97E+09
9	34600	9 -- 10	9	2850	7,41E+04	1,07E+10
10	31750	10 -- 11	10	1250	8,07E+04	1,38E+10
11	30500	11 -- 12	11	1600	8,53E+04	1,62E+10
12	28900	12 -- 13	12	2850	9,24E+04	2,06E+10
13	26050	13 -- 14	13	2850	1,02E+05	2,74E+10
14	23200	14 -- 15	14	200	1,06E+05	3,15E+10
15	23000	15 -- 16	15	2650	1,11E+05	3,58E+10
16	20350	16 -- 17	16	1455	1,18E+05	4,25E+10
17	18895	17 -- 18	17	1455	1,22E+05	4,78E+10
18	17440	18 -- 19	18	1940	1,25E+05	5,15E+10
19	15500	19 -- 20	19	970	1,32E+05	6,06E+10
20	14530	20 -- 21	20	1455	1,36E+05	6,61E+10
21	13075	21 -- 22	21	1455	1,41E+05	7,31E+10
22	11620	22 -- 23	22	1453	1,45E+05	8,06E+10
23	10168	23 -- 24	23	1453	1,50E+05	8,86E+10
24	8715	24 -- 25	24	1453	1,55E+05	9,71E+10
25	7263	25 -- 26	25	1453	1,59E+05	1,06E+11
26	5810	26 -- 27	26	2905	1,66E+05	1,21E+11
27	2905	27 -- 28	27	2905	1,76E+05	1,42E+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	45,72	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
2	44,29	0,21	1,13	30,53	0,19	1337
3	42,44	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
4	41,01	0,21	1,11	30,09	0,19	1310
5	39,15	0,21	1,10	29,83	0,19	1294
6	37,73	0,21	1,10	29,62	0,19	1281
7	36,74	0,21	1,09	29,47	0,19	1272
8	35,31	0,21	1,08	29,25	0,19	1258
9	33,18	0,21	1,07	28,89	0,20	1236
10	31,13	0,21	1,06	28,53	0,20	1214
11	29,70	0,21	1,05	28,27	0,20	1198
12	27,48	0,21	1,03	27,83	0,20	1172
13	24,63	0,21	1,01	27,21	0,21	1136
14	23,10	0,21	0,99	26,85	0,21	1114
15	21,68	0,21	0,98	26,49	0,21	1094
16	19,62	0,21	0,96	25,92	0,22	1061
17	18,17	0,21	0,94	25,49	0,22	1036
18	16,47	0,21	0,92	24,93	0,23	1005
19	15,02	0,21	0,90	24,41	0,23	976
20	13,80	0,21	0,89	23,94	0,24	950
21	12,35	0,21	0,86	23,31	0,24	916
22	10,89	0,21	0,84	22,60	0,25	878
23	9,44	0,21	0,81	21,79	0,26	836
24	7,99	0,21	0,77	20,84	0,27	787
25	6,54	0,21	0,73	19,71	0,29	730
26	4,36	0,21	0,65	17,42	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1472	300	0,30	0,00	1,05E-02	289,41
2	2 -- 3	6631	2930	4,70	0,59	1,05E-02	283,42
3	3 -- 4	4748		11,33	18,87	1,04E-02	259,50
4	4 -- 5	5212		16,08	38,40	1,04E-02	244,68
5	5 -- 6	10272		21,29	65,03	1,02E-02	230,01
6	6 -- 7	2653	22623	54,19	125,82	9,99E-03	206,72
7	7 -- 8	7228		56,84	156,35	9,93E-03	201,24
8	8 -- 9	7739		64,07	242,50	9,72E-03	187,23
9	9 -- 10	17010		71,81	339,32	9,47E-03	173,55
10	10 -- 11	8105		88,82	568,21	8,90E-03	147,30
11	11 -- 12	10948	23086	120,01	684,30	8,63E-03	136,34
12	12 -- 13	21095		130,96	885,08	8,26E-03	122,82
13	13 -- 14	23137		152,05	1288,37	7,55E-03	100,23
14	14 -- 15	1700		175,19	1754,69	6,80E-03	79,73
15	15 -- 16	23480	23549	200,44	1789,90	6,74E-03	78,37
16	16 -- 17	13643	9485	233,40	2352,17	6,01E-03	61,42
17	17 -- 18	14175		247,05	2701,70	5,60E-03	52,97
18	18 -- 19	19373		261,22	3071,46	5,18E-03	45,11
19	19 -- 20	10219	5766	286,36	3597,03	4,59E-03	35,62
20	20 -- 21	15772		296,58	3879,75	4,30E-03	31,30
21	21 -- 22	16304		312,35	4322,75	3,87E-03	25,35
22	22 -- 23	16807		328,66	4789,08	3,44E-03	20,03
23	23 -- 24	17338		345,46	5278,66	3,01E-03	15,34
24	24 -- 25	17868		362,80	5793,04	2,58E-03	11,28
25	25 -- 26	18399		380,67	6332,98	2,14E-03	7,84
26	26 -- 27	38389		399,07	6899,27	1,71E-03	5,04
27	27 -- 28	40511		437,46	8114,32	8,54E-04	1,27
28			20082	498,05	9443,98	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	147,2	30,0	0,289	498,79	14,589
2	2 -- 3	663,1	293,0	0,283	2580,52	72,400
3	3 -- 4	474,8		0,260	1174,18	30,174
4	4 -- 5	521,2		0,245	1213,57	29,361
5	5 -- 6	1027,2		0,230	2200,35	48,979
6	6 -- 7	265,3	2262,3	0,207	5118,86	107,720
7	7 -- 8	722,8		0,201	1377,36	27,272
8	8 -- 9	773,9		0,187	1369,54	25,184
9	9 -- 10	1701,0		0,174	2677,01	43,778
10	10 -- 11	810,5		0,147	1127,62	16,302
11	11 -- 12	1094,8	2308,6	0,136	4479,51	61,299
12	12 -- 13	2109,5		0,123	2307,88	26,237
13	13 -- 14	2313,7		0,100	2042,30	18,732
14	14 -- 15	170,0		0,080	131,86	1,063
15	15 -- 16	2348,0	2354,9	0,078	3420,61	25,937
16	16 -- 17	1364,3	948,5	0,061	1336,99	8,041
17	17 -- 18	1417,5		0,053	681,90	3,409
18	18 -- 19	1937,3		0,045	767,12	3,156
19	19 -- 20	1021,9	576,6	0,036	536,90	1,876
20	20 -- 21	1577,2		0,031	438,30	1,266
21	21 -- 22	1630,4		0,025	362,90	0,839
22	22 -- 23	1680,7		0,020	291,54	0,525
23	23 -- 24	1733,8		0,015	226,33	0,307
24	24 -- 25	1786,8		0,011	167,56	0,163
25	25 -- 26	1839,9		0,008	116,22	0,076
26	26 -- 27	3838,9		0,005	118,77	0,038
27	27 -- 28	4051,1		0,001	25,27	0,002
28			2008,2	0,000	0,00	0,000
				Som	36790	569

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

$n_{1,x}$	=	1,28	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	825	0,990	0,570	0,56	460,52	0,56
2 -- 3	291	0,938	2,280	2,01	583,43	2,14
3 -- 4	333	0,871	1,425	1,08	360,25	1,24
4 -- 5	366	0,820	1,425	0,96	350,56	1,17
5 -- 6	1430	0,755	2,300	1,31	1872,76	1,74
6 -- 7	482	0,705	0,550	0,27	131,81	0,39
7 -- 8	507	0,671	1,425	0,64	325,61	0,96
8 -- 9	543	0,623	1,425	0,55	300,68	0,89
9 -- 10	597	0,554	2,850	0,88	522,69	1,58
10 -- 11	2495	0,490	1,250	0,30	749,05	0,61
11 -- 12	684	0,448	1,600	0,32	219,47	0,72
12 -- 13	740	0,385	2,850	0,42	313,25	1,10
13 -- 14	812	0,311	2,850	0,28	223,65	0,89
14 -- 15	12625	0,273	0,200	0,01	188,39	0,05
15 -- 16	1244	0,242	2,650	0,15	192,30	0,64
16 -- 17	938	0,198	1,455	0,06	53,28	0,29
17 -- 18	974	0,169	1,455	0,04	40,70	0,25
18 -- 19	1296	0,139	1,940	0,04	48,90	0,27
19 -- 20	1053	0,116	0,970	0,01	13,66	0,11
20 -- 21	1084	0,098	1,455	0,01	15,11	0,14
21 -- 22	1121	0,078	1,455	0,01	10,02	0,11
22 -- 23	1157	0,061	1,453	0,01	6,27	0,09
23 -- 24	1194	0,046	1,453	0,00	3,67	0,07
24 -- 25	1230	0,033	1,453	0,00	1,95	0,05
25 -- 26	1267	0,022	1,453	0,00	0,91	0,03
26 -- 27	1321	0,011	2,905	0,00	0,46	0,03
27 -- 28	2086	0,002	2,905	0,00	0,03	0,01
		Σ	46,00	9,93	6989,38	16,12

m_e = 6989,4 / 9,9 = 703,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,28	Hz
b =	1,57	m
h =	46,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	27,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	69,38	

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

B^2 =	0,50	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,036	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,048	
$v_m(z_s)$ =	27,85	m/s
$v_m(z)$ =	30,74	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,89	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,83	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	24,31	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,13	
R^2 =	0,84	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	1,01	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,75

$c_s c_d$ =	**1,14**	

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	30,7	1,05E+06	0,77	0,78	0,60
2	30,5	1,18E+06	0,77	0,78	0,60
3	30,3	1,34E+06	0,77	0,78	0,60
4	30,1	1,47E+06	0,77	0,78	0,60
5	29,8	1,63E+06	0,77	0,78	0,60
6	29,6	1,74E+06	0,77	0,78	0,60
7	29,5	1,83E+06	0,77	0,78	0,60
8	29,2	1,94E+06	0,76	0,78	0,60
9	28,9	2,11E+06	0,76	0,78	0,60
10	28,5	2,26E+06	0,76	0,78	0,60
11	28,3	2,37E+06	0,76	0,78	0,60
12	27,8	2,52E+06	0,76	0,78	0,60
13	27,2	2,70E+06	0,76	0,78	0,59
14	26,8	2,79E+06	0,76	0,78	0,59
15	26,5	2,87E+06	0,76	0,78	0,59
16	25,9	2,98E+06	0,76	0,78	0,59
17	25,5	3,04E+06	0,75	0,78	0,59
18	24,9	3,05E+06	0,75	0,78	0,59
19	24,4	3,15E+06	0,75	0,78	0,59
20	23,9	3,18E+06	0,75	0,78	0,59
21	23,3	3,20E+06	0,75	0,78	0,59
22	22,6	3,20E+06	0,75	0,78	0,58
23	21,8	3,19E+06	0,74	0,78	0,58
24	20,8	3,14E+06	0,74	0,78	0,58
25	19,7	3,06E+06	0,74	0,78	0,58
26	17,4	2,82E+06	0,73	0,78	0,57
27	16,9	2,90E+06	0,73	0,78	0,57

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	45,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - A, A1 en A2		
1e traverse - 380C1F1	38,00	1			
2e traverse - 380C1F2	30,50	1			
3e traverse - 380C1F3	23,00	1			
Passieve run	15,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	45,43	0,763
1e traverse - 380C1F1	38,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	30,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	23,00	0,000
Passieve run	15,50	2,157

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	45,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	38,00	1			
2e traverse - 380C1F2	30,50	1			
3e traverse - 380C1F3	23,00	1			
Passieve run	15,50	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	1387	86	1472	0,176	0,068	377	0,661
2	6289	342	6631	0,795	0,274	1633	0,716
3	4534	214	4748	0,570	0,171	1119	0,785
4	4998	214	5212	0,626	0,171	1193	0,837
5	9927	345	10272	1,128	0,276	2075	0,902
6	2571	83	2653	0,291	0,066	523	0,951
7	7015	214	7228	0,794	0,171	1401	0,983
8	7525	214	7739	0,849	0,171	1466	1,029
9	16582	428	17010	1,865	0,342	3116	1,093
10	7917	188	8105	0,888	0,150	1440	1,152
11	10708	240	10948	1,198	0,192	1903	1,190
12	20667	428	21095	2,306	0,342	3546	1,244
13	22710	428	23137	2,525	0,342	3719	1,305
14	1670	30	1700	0,185	0,024	267	1,333
15	23082	398	23480	2,557	0,318	3591	1,355
16	13424	218	13643	1,483	0,175	2009	1,381
17	13957	218	14175	1,539	0,175	2028	1,394
18	19082	291	19373	2,099	0,233	2678	1,380
19	10073	146	10219	1,106	0,116	1362	1,405
20	15554	218	15772	1,704	0,175	2038	1,401
21	16086	218	16304	1,757	0,175	2021	1,389
22	16589	218	16807	1,807	0,174	1987	1,368
23	17120	218	17338	1,858	0,174	1940	1,335
24	17650	218	17868	1,907	0,174	1871	1,288
25	18181	218	18399	1,954	0,174	1776	1,222
26	37954	436	38389	4,032	0,349	3104	1,069
27	40076	436	40511	4,245	0,349	3138	1,080
	383329	6900	390229	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	53320

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	3099	360	360	360	360
2	2 -- 3	3490	3516	3514	14030	5018
3	3 -- 4	3998				
4	4 -- 5	4389				
5	5 -- 6	5359				
6	6 -- 7	5789	27151	27139	45629	33161
7	7 -- 8	6087				
8	8 -- 9	6517				
9	9 -- 10	7162				
10	10 -- 11	7781				
11	11 -- 12	8211	27707	27695	46185	33717
12	12 -- 13	8882				
13	13 -- 14	9742				
14	14 -- 15	10202				
15	15 -- 16	10632	28262	28250	46740	34272
16	16 -- 17	11252	11382	11382	11382	11382
17	17 -- 18	11691				
18	18 -- 19	11983				
19	19 -- 20	12642	6920	6916	27982	9926
20	20 -- 21	13008				
21	21 -- 22	13447				
22	22 -- 23	13886				
23	23 -- 24	14324				
24	24 -- 25	14762				
25	25 -- 26	15200				
26	26 -- 27	15858				
27	27 -- 28	16734				
28			24099	24099	24099	24099

KEMA rapport - bijlage A - 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	716	26470	18896	43374	19348
3	3 -- 4	785				
4	4 -- 5	837				
5	5 -- 6	902				
6	6 -- 7	951	168698	143690	183340	132158
7	7 -- 8	983				
8	8 -- 9	1029				
9	9 -- 10	1093				
10	10 -- 11	1152				
11	11 -- 12	1190	162196	143026	181088	131548
12	12 -- 13	1244				
13	13 -- 14	1305				
14	14 -- 15	1333				
15	15 -- 16	1355	154088	142214	178344	130800
16	16 -- 17	1381				
17	17 -- 18	1394				
18	18 -- 19	1380				
19	19 -- 20	1405	42442	37194	81372	38606
20	20 -- 21	1401				
21	21 -- 22	1389				
22	22 -- 23	1368				
23	23 -- 24	1335				
24	24 -- 25	1288				
25	25 -- 26	1222				
26	26 -- 27	1069				
27	27 -- 28	1080				
28						

KEMA rapport - bijlage A2 - 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	1058				
2	2 -- 3	1146	34936	21748	56144	23470
3	3 -- 4	1257				
4	4 -- 5	1339				
5	5 -- 6	1444				
6	6 -- 7	1521	217110	162210	225466	156294
7	7 -- 8	1573				
8	8 -- 9	1646				
9	9 -- 10	1750				
10	10 -- 11	1843				
11	11 -- 12	1903	207480	161138	222052	155338
12	12 -- 13	1991				
13	13 -- 14	2088				
14	14 -- 15	2132				
15	15 -- 16	2168	195344	159832	217888	154168
16	16 -- 17	2210				
17	17 -- 18	2231				
18	18 -- 19	2209				
19	19 -- 20	2247	54152	42240	104230	46372
20	20 -- 21	2241				
21	21 -- 22	2222				
22	22 -- 23	2188				
23	23 -- 24	2136				
24	24 -- 25	2061				
25	25 -- 26	1956				
26	26 -- 27	1710				
27	27 -- 28	1728				
28						

KEMA rapport - bijlage A - 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	1,43E-03	38
2	2 -- 3	1633		377	1,11E+05	1,43E-03	37
3	3 -- 4	1119		2010	2,87E+06	1,42E-03	34
4	4 -- 5	1193		3129	6,56E+06	1,40E-03	32
5	5 -- 6	2075		4322	1,19E+07	1,38E-03	30
6	6 -- 7	523		6397	2,44E+07	1,34E-03	27
7	7 -- 8	1401		6920	2,81E+07	1,32E-03	26
8	8 -- 9	1466		8321	3,91E+07	1,29E-03	24
9	9 -- 10	3116		9787	5,21E+07	1,25E-03	22
10	10 -- 11	1440		12903	8,48E+07	1,16E-03	19
11	11 -- 12	1903		14342	1,02E+08	1,12E-03	17
12	12 -- 13	3546		16246	1,27E+08	1,07E-03	16
13	13 -- 14	3719		19791	1,78E+08	9,70E-04	13
14	14 -- 15	267		23510	2,41E+08	8,67E-04	10
15	15 -- 16	3591		23777	2,45E+08	8,59E-04	10
16	16 -- 17	2009		27368	3,14E+08	7,61E-04	8
17	17 -- 18	2028		29377	3,55E+08	7,07E-04	7
18	18 -- 19	2678		31405	4,00E+08	6,52E-04	6
19	19 -- 20	1362		34083	4,64E+08	5,75E-04	4
20	20 -- 21	2038		35446	4,97E+08	5,38E-04	4
21	21 -- 22	2021		37484	5,51E+08	4,83E-04	3
22	22 -- 23	1987		39504	6,07E+08	4,28E-04	2
23	23 -- 24	1940		41491	6,66E+08	3,74E-04	2
24	24 -- 25	1871		43431	7,28E+08	3,19E-04	1
25	25 -- 26	1776		45302	7,92E+08	2,65E-04	1
26	26 -- 27	3104		47078	8,60E+08	2,11E-04	1
27	27 -- 28	3138		50182	1,00E+09	1,05E-04	0
28				53320	1,15E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,38E-02	632
2	2 -- 3		26470	89829	6,34E+04	2,38E-02	619
3	3 -- 4			698631	6,10E+07	2,36E-02	565
4	4 -- 5			1232214	9,93E+07	2,33E-02	531
5	5 -- 6			1930540	1,38E+08	2,30E-02	498
6	6 -- 7		168698	4924689	2,01E+08	2,26E-02	446
7	7 -- 8			5624764	3,09E+08	2,25E-02	433
8	8 -- 9			7644419	5,90E+08	2,20E-02	401
9	9 -- 10			9852316	8,70E+08	2,14E-02	371
10	10 -- 11			15062913	1,43E+09	1,99E-02	311
11	11 -- 12		162196	18146830	1,68E+09	1,93E-02	287
12	12 -- 13			22065068	2,25E+09	1,83E-02	257
13	13 -- 14			29594375	3,28E+09	1,65E-02	207
14	14 -- 15			37347071	4,31E+09	1,46E-02	162
15	15 -- 16		154088	38081971	4,38E+09	1,45E-02	159
16	16 -- 17			46479946	5,74E+09	1,27E-02	123
17	17 -- 18			50853574	6,49E+09	1,17E-02	105
18	18 -- 19			55101854	7,24E+09	1,07E-02	89
19	19 -- 20		42442	60699680	8,24E+09	9,35E-03	70
20	20 -- 21			63282381	8,78E+09	8,70E-03	61
21	21 -- 22			67000623	9,59E+09	7,74E-03	49
22	22 -- 23			70459258	1,04E+10	6,80E-03	38
23	23 -- 24			73621307	1,12E+10	5,87E-03	29
24	24 -- 25			76461962	1,20E+10	4,96E-03	21
25	25 -- 26			78950319	1,28E+10	4,08E-03	15
26	26 -- 27			81055655	1,36E+10	3,22E-03	9
27	27 -- 28			84095623	1,52E+10	1,56E-03	2
28	28 -- 29			85238834	1,68E+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	2,00E-02	538
2	2 -- 3		18896	18896	5,32E+04	2,00E-02	527
3	3 -- 4			18896	4,36E+07	1,98E-02	482
4	4 -- 5			18896	7,10E+07	1,96E-02	454
5	5 -- 6			18896	9,85E+07	1,94E-02	426
6	6 -- 7		143690	162586	1,44E+08	1,91E-02	381
7	7 -- 8			162586	2,34E+08	1,90E-02	371
8	8 -- 9			162586	4,68E+08	1,87E-02	344
9	9 -- 10			162586	7,01E+08	1,82E-02	318
10	10 -- 11			162586	1,17E+09	1,70E-02	267
11	11 -- 12		143026	305612	1,37E+09	1,64E-02	247
12	12 -- 13			305612	1,87E+09	1,57E-02	221
13	13 -- 14			305612	2,74E+09	1,42E-02	178
14	14 -- 15			305612	3,62E+09	1,26E-02	140
15	15 -- 16		142214	447826	3,68E+09	1,25E-02	138
16	16 -- 17			447826	4,88E+09	1,10E-02	106
17	17 -- 18			447826	5,53E+09	1,01E-02	91
18	18 -- 19			447826	6,19E+09	9,26E-03	77
19	19 -- 20		37194	485020	7,06E+09	8,07E-03	60
20	20 -- 21			485020	7,53E+09	7,52E-03	53
21	21 -- 22			485020	8,24E+09	6,69E-03	42
22	22 -- 23			485020	8,95E+09	5,87E-03	33
23	23 -- 24			485020	9,66E+09	5,08E-03	25
24	24 -- 25			485020	1,04E+10	4,29E-03	18
25	25 -- 26			485020	1,11E+10	3,53E-03	13
26	26 -- 27			485020	1,18E+10	2,78E-03	8
27	27 -- 28			485020	1,32E+10	1,35E-03	2
28				485020	1,46E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,89E-02	748
2	2 -- 3		43374	43374	7,68E+04	2,89E-02	732
3	3 -- 4			43374	9,97E+07	2,85E-02	666
4	4 -- 5			43374	1,62E+08	2,80E-02	626
5	5 -- 6			43374	2,25E+08	2,76E-02	586
6	6 -- 7		183340	226714	3,28E+08	2,69E-02	524
7	7 -- 8			226714	4,53E+08	2,67E-02	509
8	8 -- 9			226714	7,79E+08	2,61E-02	471
9	9 -- 10			226714	1,10E+09	2,53E-02	435
10	10 -- 11			226714	1,76E+09	2,34E-02	365
11	11 -- 12		181088	407802	2,04E+09	2,26E-02	336
12	12 -- 13			407802	2,70E+09	2,15E-02	301
13	13 -- 14			407802	3,87E+09	1,93E-02	243
14	14 -- 15			407802	5,04E+09	1,71E-02	191
15	15 -- 16		178344	586146	5,13E+09	1,70E-02	187
16	16 -- 17			586146	6,69E+09	1,49E-02	145
17	17 -- 18			586146	7,55E+09	1,37E-02	124
18	18 -- 19			586146	8,40E+09	1,26E-02	105
19	19 -- 20		81372	667518	9,55E+09	1,10E-02	82
20	20 -- 21			667518	1,02E+10	1,02E-02	72
21	21 -- 22			667518	1,12E+10	9,10E-03	58
22	22 -- 23			667518	1,21E+10	8,00E-03	45
23	23 -- 24			667518	1,31E+10	6,91E-03	34
24	24 -- 25			667518	1,41E+10	5,85E-03	25
25	25 -- 26			667518	1,51E+10	4,81E-03	17
26	26 -- 27			667518	1,60E+10	3,80E-03	11
27	27 -- 28			667518	1,80E+10	1,85E-03	3
28				667518	1,99E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,87E-02	502
2	2 -- 3		19348	19348	4,98E+04	1,87E-02	491
3	3 -- 4			19348	4,46E+07	1,86E-02	449
4	4 -- 5			19348	7,26E+07	1,84E-02	422
5	5 -- 6			19348	1,01E+08	1,82E-02	396
6	6 -- 7		132158	151506	1,47E+08	1,79E-02	355
7	7 -- 8			151506	2,31E+08	1,78E-02	345
8	8 -- 9			151506	4,49E+08	1,74E-02	320
9	9 -- 10			151506	6,66E+08	1,69E-02	296
10	10 -- 11			151506	1,10E+09	1,58E-02	249
11	11 -- 12		131548	283054	1,29E+09	1,53E-02	229
12	12 -- 13			283054	1,75E+09	1,46E-02	205
13	13 -- 14			283054	2,56E+09	1,32E-02	166
14	14 -- 15			283054	3,38E+09	1,17E-02	130
15	15 -- 16		130800	413854	3,43E+09	1,16E-02	128
16	16 -- 17			413854	4,54E+09	1,02E-02	99
17	17 -- 18			413854	5,14E+09	9,40E-03	85
18	18 -- 19			413854	5,75E+09	8,61E-03	72
19	19 -- 20		38606	452460	6,55E+09	7,50E-03	56
20	20 -- 21			452460	7,00E+09	6,99E-03	49
21	21 -- 22			452460	7,66E+09	6,22E-03	39
22	22 -- 23			452460	8,32E+09	5,46E-03	31
23	23 -- 24			452460	8,98E+09	4,72E-03	23
24	24 -- 25			452460	9,64E+09	3,99E-03	17
25	25 -- 26			452460	1,03E+10	3,28E-03	12
26	26 -- 27			452460	1,10E+10	2,59E-03	7
27	27 -- 28			452460	1,23E+10	1,26E-03	2
28				452460	1,36E+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	5,94E-05	1
2	2 -- 3				2,12E+06	5,94E-05	1
3	3 -- 4				2,12E+06	4,27E-05	1
4	4 -- 5				2,12E+06	3,59E-05	1
5	5 -- 6				2,12E+06	3,08E-05	0
6	6 -- 7				2,12E+06	2,54E-05	0
7	7 -- 8				2,12E+06	2,44E-05	0
8	8 -- 9				2,12E+06	2,22E-05	0
9	9 -- 10				2,12E+06	2,04E-05	0
10	10 -- 11				2,12E+06	1,77E-05	0
11	11 -- 12				2,12E+06	1,68E-05	0
12	12 -- 13				2,12E+06	1,58E-05	0
13	13 -- 14				2,12E+06	1,44E-05	0
14	14 -- 15				2,12E+06	1,33E-05	0
15	15 -- 16				2,12E+06	1,33E-05	0
16	16 -- 17				2,12E+06	1,25E-05	0
17	17 -- 18				2,12E+06	1,22E-05	0
18	18 -- 19				2,12E+06	1,19E-05	0
19	19 -- 20				1,46E+07	1,15E-05	0
20	20 -- 21				1,46E+07	1,04E-05	0
21	21 -- 22				1,46E+07	8,84E-06	0
22	22 -- 23				1,46E+07	7,46E-06	0
23	23 -- 24				1,46E+07	6,21E-06	0
24	24 -- 25				1,46E+07	5,07E-06	0
25	25 -- 26				1,46E+07	4,04E-06	0
26	26 -- 27				1,46E+07	3,09E-06	0
27	27 -- 28				1,46E+07	1,42E-06	0
28					1,46E+07	0,00E+00	0

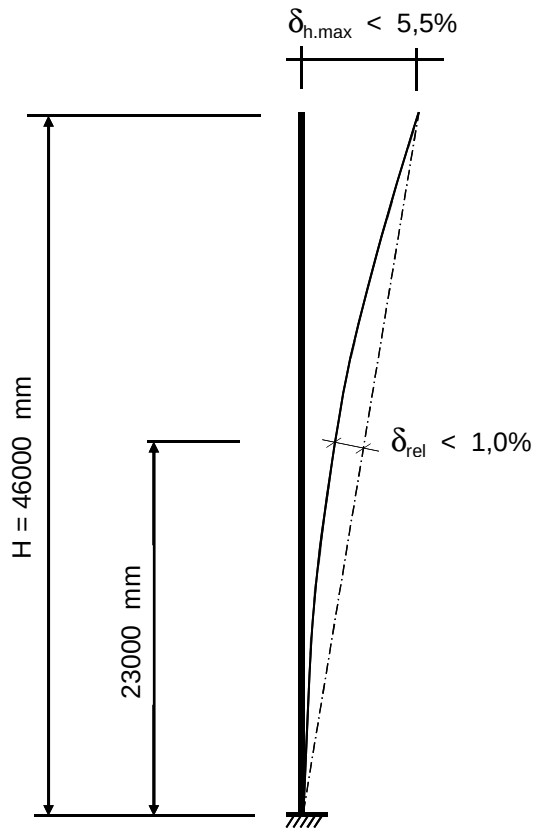
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	2,9E-02	760
2	2 -- 3	2,9E-02	744
3	3 -- 4	2,9E-02	677
4	4 -- 5	2,8E-02	636
5	5 -- 6	2,8E-02	596
6	6 -- 7	2,7E-02	532
7	7 -- 8	2,7E-02	517
8	8 -- 9	2,6E-02	479
9	9 -- 10	2,6E-02	442
10	10 -- 11	2,4E-02	371
11	11 -- 12	2,3E-02	342
12	12 -- 13	2,2E-02	306
13	13 -- 14	2,0E-02	247
14	14 -- 15	1,7E-02	194
15	15 -- 16	1,7E-02	190
16	16 -- 17	1,5E-02	147
17	17 -- 18	1,4E-02	126
18	18 -- 19	1,3E-02	107
19	19 -- 20	1,1E-02	83
20	20 -- 21	1,0E-02	73
21	21 -- 22	9,3E-03	59
22	22 -- 23	8,1E-03	46
23	23 -- 24	7,0E-03	35
24	24 -- 25	5,9E-03	25
25	25 -- 26	4,9E-03	18
26	26 -- 27	3,9E-03	11
27	27 -- 28	1,9E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 760 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 1,65 % 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 15 ; Hoogte = 23000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 190 mm
α = 0,95 graden

δ_{rel} = 190 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 0,41 % 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	566	360	0	0,00E+00	2,12E-03	56
2	2 -- 3	2449	5642	566	1,61E+05	2,12E-03	55
3	3 -- 4	1679	13600	3015	4,24E+06	2,11E-03	50
4	4 -- 5	1789	19297	4694	9,73E+06	2,09E-03	47
5	5 -- 6	3113	25552	6483	1,77E+07	2,05E-03	44
6	6 -- 7	784	65029	9596	3,62E+07	1,99E-03	40
7	7 -- 8	2101	68213	10380	4,17E+07	1,97E-03	39
8	8 -- 9	2199	76887	12481	5,80E+07	1,92E-03	36
9	9 -- 10	4675	86174	14680	7,73E+07	1,86E-03	33
10	10 -- 11	2159	106586	19354	1,26E+08	1,73E-03	28
11	11 -- 12	2855	144019	21514	1,51E+08	1,67E-03	26
12	12 -- 13	5318	157156	24368	1,88E+08	1,59E-03	23
13	13 -- 14	5578	182470	29687	2,65E+08	1,45E-03	19
14	14 -- 15	400	210235	35265	3,58E+08	1,29E-03	15
15	15 -- 16	5386	240537	35665	3,65E+08	1,28E-03	15
16	16 -- 17	3014	280095	41051	4,66E+08	1,13E-03	11
17	17 -- 18	3043	296466	44065	5,28E+08	1,05E-03	10
18	18 -- 19	4017	313476	47108	5,95E+08	9,72E-04	8
19	19 -- 20	2044	343643	51125	6,90E+08	8,57E-04	7
20	20 -- 21	3057	355906	53169	7,41E+08	8,02E-04	6
21	21 -- 22	3031	374832	56226	8,20E+08	7,20E-04	5
22	22 -- 23	2980	394397	59257	9,04E+08	6,39E-04	4
23	23 -- 24	2909	414566	62237	9,92E+08	5,57E-04	3
24	24 -- 25	2807	435372	65146	1,08E+09	4,76E-04	2
25	25 -- 26	2663	456814	67953	1,18E+09	3,96E-04	1
26	26 -- 27	4656	478892	70616	1,28E+09	3,15E-04	1
27	27 -- 28	4707	524959	75273	1,49E+09	1,56E-04	0
28			597672	79980	1,72E+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	3,05E-02	808
2	2 -- 3		34936	34936	0,00E+00	3,05E-02	791
3	3 -- 4			34936	7,97E+07	3,02E-02	721
4	4 -- 5			34936	1,29E+08	2,98E-02	679
5	5 -- 6			34936	1,79E+08	2,95E-02	636
6	6 -- 7		217110	252046	2,60E+08	2,89E-02	569
7	7 -- 8			252046	3,98E+08	2,88E-02	553
8	8 -- 9			252046	7,57E+08	2,82E-02	513
9	9 -- 10			252046	1,12E+09	2,74E-02	473
10	10 -- 11			252046	1,83E+09	2,55E-02	398
11	11 -- 12		207480	459526	2,15E+09	2,46E-02	366
12	12 -- 13			459526	2,89E+09	2,34E-02	328
13	13 -- 14			459526	4,19E+09	2,11E-02	264
14	14 -- 15			459526	5,50E+09	1,87E-02	207
15	15 -- 16		195344	654870	5,60E+09	1,85E-02	203
16	16 -- 17			654870	7,33E+09	1,62E-02	157
17	17 -- 18			654870	8,28E+09	1,50E-02	135
18	18 -- 19			654870	9,24E+09	1,37E-02	114
19	19 -- 20		54152	709022	1,05E+10	1,19E-02	89
20	20 -- 21			709022	1,12E+10	1,11E-02	78
21	21 -- 22			709022	1,22E+10	9,88E-03	62
22	22 -- 23			709022	1,33E+10	8,67E-03	49
23	23 -- 24			709022	1,43E+10	7,49E-03	37
24	24 -- 25			709022	1,53E+10	6,33E-03	27
25	25 -- 26			709022	1,63E+10	5,20E-03	19
26	26 -- 27			709022	1,74E+10	4,10E-03	12
27	27 -- 28			709022	1,94E+10	1,99E-03	3
28				709022	2,15E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,24E-02	604
2	2 -- 3		21748	21748	0,00E+00	2,24E-02	592
3	3 -- 4			21748	4,96E+07	2,22E-02	541
4	4 -- 5			21748	8,06E+07	2,20E-02	509
5	5 -- 6			21748	1,12E+08	2,18E-02	478
6	6 -- 7		162210	183958	1,62E+08	2,15E-02	428
7	7 -- 8			183958	2,63E+08	2,14E-02	416
8	8 -- 9			183958	5,25E+08	2,09E-02	386
9	9 -- 10			183958	7,87E+08	2,04E-02	356
10	10 -- 11			183958	1,31E+09	1,91E-02	300
11	11 -- 12		161138	345096	1,54E+09	1,84E-02	277
12	12 -- 13			345096	2,09E+09	1,76E-02	248
13	13 -- 14			345096	3,08E+09	1,59E-02	200
14	14 -- 15			345096	4,06E+09	1,41E-02	157
15	15 -- 16		159832	504928	4,13E+09	1,40E-02	154
16	16 -- 17			504928	5,47E+09	1,23E-02	119
17	17 -- 18			504928	6,20E+09	1,13E-02	102
18	18 -- 19			504928	6,94E+09	1,04E-02	86
19	19 -- 20		42240	547168	7,92E+09	9,06E-03	68
20	20 -- 21			547168	8,45E+09	8,43E-03	59
21	21 -- 22			547168	9,24E+09	7,51E-03	47
22	22 -- 23			547168	1,00E+10	6,59E-03	37
23	23 -- 24			547168	1,08E+10	5,70E-03	28
24	24 -- 25			547168	1,16E+10	4,82E-03	21
25	25 -- 26			547168	1,24E+10	3,96E-03	14
26	26 -- 27			547168	1,32E+10	3,13E-03	9
27	27 -- 28			547168	1,48E+10	1,52E-03	2
28				547168	1,64E+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	3,57E-02	922
2	2 -- 3		56144	56144	0,00E+00	3,57E-02	901
3	3 -- 4			56144	1,28E+08	3,52E-02	820
4	4 -- 5			56144	2,08E+08	3,46E-02	771
5	5 -- 6			56144	2,88E+08	3,40E-02	722
6	6 -- 7		225466	281610	4,17E+08	3,32E-02	644
7	7 -- 8			281610	5,72E+08	3,29E-02	626
8	8 -- 9			281610	9,73E+08	3,21E-02	580
9	9 -- 10			281610	1,37E+09	3,11E-02	535
10	10 -- 11			281610	2,18E+09	2,88E-02	449
11	11 -- 12		222052	503662	2,53E+09	2,78E-02	414
12	12 -- 13			503662	3,34E+09	2,64E-02	370
13	13 -- 14			503662	4,77E+09	2,38E-02	298
14	14 -- 15			503662	6,21E+09	2,11E-02	234
15	15 -- 16		217888	721550	6,31E+09	2,09E-02	230
16	16 -- 17			721550	8,22E+09	1,83E-02	178
17	17 -- 18			721550	9,27E+09	1,69E-02	152
18	18 -- 19			721550	1,03E+10	1,55E-02	129
19	19 -- 20		104230	825780	1,17E+10	1,35E-02	101
20	20 -- 21			825780	1,25E+10	1,26E-02	88
21	21 -- 22			825780	1,37E+10	1,12E-02	71
22	22 -- 23			825780	1,49E+10	9,83E-03	55
23	23 -- 24			825780	1,61E+10	8,50E-03	42
24	24 -- 25			825780	1,73E+10	7,19E-03	31
25	25 -- 26			825780	1,85E+10	5,92E-03	21
26	26 -- 27			825780	1,97E+10	4,67E-03	14
27	27 -- 28			825780	2,21E+10	2,27E-03	3
28				825780	2,45E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,21E-02	591
2	2 -- 3		23470	23470	0,00E+00	2,21E-02	578
3	3 -- 4			23470	5,35E+07	2,19E-02	528
4	4 -- 5			23470	8,70E+07	2,16E-02	497
5	5 -- 6			23470	1,20E+08	2,14E-02	467
6	6 -- 7		156294	179764	1,74E+08	2,10E-02	418
7	7 -- 8			179764	2,73E+08	2,09E-02	406
8	8 -- 9			179764	5,29E+08	2,05E-02	377
9	9 -- 10			179764	7,86E+08	1,99E-02	348
10	10 -- 11			179764	1,30E+09	1,86E-02	293
11	11 -- 12		155338	335102	1,52E+09	1,80E-02	270
12	12 -- 13			335102	2,06E+09	1,72E-02	242
13	13 -- 14			335102	3,01E+09	1,55E-02	195
14	14 -- 15			335102	3,97E+09	1,38E-02	153
15	15 -- 16		154168	489270	4,04E+09	1,36E-02	151
16	16 -- 17			489270	5,33E+09	1,20E-02	116
17	17 -- 18			489270	6,04E+09	1,11E-02	100
18	18 -- 19			489270	6,76E+09	1,01E-02	84
19	19 -- 20		46372	535642	7,71E+09	8,83E-03	66
20	20 -- 21			535642	8,22E+09	8,22E-03	58
21	21 -- 22			535642	9,00E+09	7,32E-03	46
22	22 -- 23			535642	9,78E+09	6,43E-03	36
23	23 -- 24			535642	1,06E+10	5,56E-03	28
24	24 -- 25			535642	1,13E+10	4,70E-03	20
25	25 -- 26			535642	1,21E+10	3,87E-03	14
26	26 -- 27			535642	1,29E+10	3,05E-03	9
27	27 -- 28			535642	1,45E+10	1,48E-03	2
28				535642	1,60E+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	7,13E-05	1
2	2 -- 3				2,55E+06	7,13E-05	1
3	3 -- 4				2,55E+06	5,12E-05	1
4	4 -- 5				2,55E+06	4,30E-05	1
5	5 -- 6				2,55E+06	3,69E-05	1
6	6 -- 7				2,55E+06	3,05E-05	1
7	7 -- 8				2,55E+06	2,93E-05	1
8	8 -- 9				2,55E+06	2,66E-05	0
9	9 -- 10				2,55E+06	2,45E-05	0
10	10 -- 11				2,55E+06	2,12E-05	0
11	11 -- 12				2,55E+06	2,01E-05	0
12	12 -- 13				2,55E+06	1,89E-05	0
13	13 -- 14				2,55E+06	1,73E-05	0
14	14 -- 15				2,55E+06	1,60E-05	0
15	15 -- 16				2,55E+06	1,59E-05	0
16	16 -- 17				2,55E+06	1,50E-05	0
17	17 -- 18				2,55E+06	1,46E-05	0
18	18 -- 19				2,55E+06	1,42E-05	0
19	19 -- 20				1,75E+07	1,38E-05	0
20	20 -- 21				1,75E+07	1,24E-05	0
21	21 -- 22				1,75E+07	1,06E-05	0
22	22 -- 23				1,75E+07	8,95E-06	0
23	23 -- 24				1,75E+07	7,45E-06	0
24	24 -- 25				1,75E+07	6,09E-06	0
25	25 -- 26				1,75E+07	4,84E-06	0
26	26 -- 27				1,75E+07	3,70E-06	0
27	27 -- 28				1,75E+07	1,70E-06	0
28					1,75E+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	16,16	56,31	10,62
3	3 -- 4	24,11	57,05	139,85
4	4 -- 5	29,81	57,55	221,50
5	5 -- 6	36,07	58,09	303,90
6	6 -- 7	94,02	284,49	438,58
7	7 -- 8	97,21	284,72	595,11
8	8 -- 9	105,88	285,35	1001,29
9	9 -- 10	115,17	286,01	1408,39
10	10 -- 11	135,58	287,42	2225,53
11	11 -- 12	191,49	510,12	2585,20
12	12 -- 13	204,63	510,97	3402,08
13	13 -- 14	229,94	512,57	4860,62
14	14 -- 15	257,70	514,24	6323,82
15	15 -- 16	306,49	732,25	6426,68
16	16 -- 17	346,04	733,87	8369,29
17	17 -- 18	362,41	734,77	9437,72
18	18 -- 19	379,42	735,68	10507,47
19	19 -- 20	430,65	841,12	11996,22
20	20 -- 21	442,92	841,73	12812,40
21	21 -- 22	461,84	842,65	14037,78
22	22 -- 23	481,41	843,56	15264,50
23	23 -- 24	501,58	844,45	16490,41
24	24 -- 25	522,38	845,32	17717,61
25	25 -- 26	543,82	846,17	18946,06
26	26 -- 27	565,90	846,96	20175,69
27	27 -- 28	611,97	848,36	22638,16
28		684,68	849,77	25104,70

)** - 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 / 764	10,62	16,16	17	10,9	1377,9	0,01
2	500 / 764	139,85	24,11	67	141,7	2025,3	0,07
3	500 / 764	221,50	29,81	41	224,6	2493,1	0,09
4	500 / 764	303,90	36,07	40	308,4	3009,6	0,10
5	764 / 2632	438,58	94,02	64	449,1	4310,3	0,11
6	764 / 2632	595,11	97,21	15	607,1	4576,3	0,14
7	764 / 2632	1001,29	105,88	38	1017,3	5302,6	0,20
8	764 / 2632	1408,39	115,17	37	1428,7	6082,3	0,24
9	764 / 2632	2225,53	135,58	71	2255,4	7802,3	0,29
10	764 / 2632	2585,20	191,49	29	2620,7	8624,2	0,31
11	764 / 2632	3402,08	204,63	36	3444,9	9736,4	0,36
12	764 / 2632	4860,62	229,94	59	4917,1	11884,5	0,42
13	764 / 2632	6323,82	257,70	53	6394,0	14246,7	0,46
14	764 / 2632	6426,68	306,49	3	6497,9	14420,5	0,46
15	764 / 2632	8369,29	346,04	43	8455,4	16822,9	0,51
16	764 / 2632	9437,72	362,41	21	9531,5	18220,6	0,53
17	764 / 2632	10507,47	379,42	19	10608,6	19674,2	0,55
18	764 / 2632	11996,22	430,65	23	12107,4	21699,0	0,57
19	764 / 2632	12812,40	442,92	10	12928,2	22748,7	0,58
20	764 / 2632	14037,78	461,84	14	14160,2	24369,6	0,59
21	764 / 2632	15264,50	481,41	13	15393,0	26046,3	0,60
22	764 / 2632	16490,41	501,58	11	16624,4	27775,8	0,61
23	764 / 2632	17717,61	522,38	9	17856,6	29560,8	0,61
24	764 / 2632	18946,06	543,82	8	19089,3	31401,5	0,62
25	764 / 2632	20175,69	565,90	6	20322,5	33297,8	0,62
26	764 / 2632	22638,16	611,97	8	22790,1	37257,1	0,62
27	764 / 2632	25104,70	684,68	3	25258,6	41438,8	0,62

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
526	20,0	26,32	0,81	355	355
632	20,0	31,60	0,81	355	355
698	20,0	34,91	0,81	355	355
764	20,0	38,21	0,81	355	355
871	22,0	39,58	0,81	355	355
896	22,0	40,74	0,81	355	355
962	22,0	43,74	0,81	355	355
1028	22,0	46,74	0,81	355	355
1160	22,0	52,75	0,81	355	355
1218	22,0	55,38	0,81	355	355
1293	22,0	58,75	0,81	355	355
1425	22,0	64,76	0,81	335	355
1557	22,0	70,76	0,81	316	355
1566	22,0	71,18	0,81	314	355
1689	22,0	76,76	0,81	299	355
1756	22,0	79,83	0,81	292	355
1824	22,0	82,90	0,81	285	355
1914	22,0	86,98	0,81	277	355
1959	22,0	89,03	0,81	273	355
2026	22,0	92,09	0,81	267	355
2093	22,0	95,16	0,81	262	355
2161	22,0	98,22	0,81	257	355
2228	22,0	101,28	0,81	253	355
2295	22,0	104,34	0,81	248	355
2363	22,0	107,40	0,81	244	351
2497	22,0	113,52	0,81	237	343
2632	22,0	119,64	0,81	230	337

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 / 764	2,96	0,52	355	355	0,01
2	500 / 764	29,84	0,69	355	355	0,09
3	500 / 764	35,39	0,74	355	355	0,10
4	500 / 764	39,89	0,81	355	355	0,11
5	764 / 2632	42,18	1,71	355	355	0,12
6	764 / 2632	48,52	1,63	355	355	0,14
7	764 / 2632	73,22	1,69	355	355	0,21
8	764 / 2632	89,20	1,71	355	355	0,26
9	764 / 2632	115,78	1,83	355	355	0,33
10	764 / 2632	113,35	2,37	355	355	0,33
11	764 / 2632	133,34	2,40	355	355	0,38
12	764 / 2632	161,87	2,49	355	335	0,46
13	764 / 2632	174,08	2,54	355	316	0,50
14	764 / 2632	160,93	2,88	355	314	0,46
15	764 / 2632	192,43	3,12	355	299	0,55
16	764 / 2632	193,19	3,08	355	292	0,55
17	764 / 2632	198,84	3,11	355	285	0,57
18	764 / 2632	215,75	3,44	355	277	0,62
19	764 / 2632	206,54	3,35	355	273	0,59
20	764 / 2632	213,44	3,39	355	267	0,61
21	764 / 2632	216,84	3,42	355	262	0,62
22	764 / 2632	219,36	3,45	355	257	0,63
23	764 / 2632	221,17	3,48	355	253	0,64
24	764 / 2632	222,38	3,51	355	248	0,64
25	764 / 2632	223,06	3,55	351	244	0,65
26	764 / 2632	229,52	3,68	343	237	0,68
27	764 / 2632	228,05	3,90	337	230	0,69

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

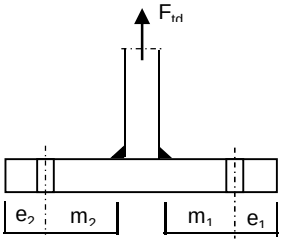
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

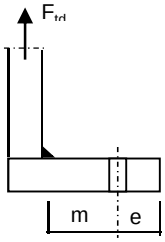
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

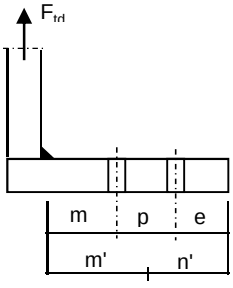
Flenzen en voetplaat:



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		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	590,47	13,28	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 24,35 m hoogte.							
st.c buitenkant		1495,00					
1495,00	32	688,96	22,93	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,65

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							
2822,00	2398,00	88,2	89,0	89,0			235,4
2822,00	2398,00	88,2	89,0	89,0			277,0
flenzen op 24,35 m hoogte.							
1495,00	1495,0	68,1	60,0	60,0			146,8
1495,00	1495,0	68,1	60,0	60,0			146,8

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							
80	1,26E+08	5721,99	2276,36	1696,90	1696,90	1180,94	0,70
80	1,48E+08	6733,72	2528,16	1696,90	1696,90	1180,94	0,70
flenzen op 24,35 m hoogte.							
80	7,87E+07	2309,64	1110,68	2121,12	1110,68	688,96	0,62
80	7,87E+07	2309,64	1110,68	2121,12	1110,68	688,96	0,62

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 / 2632	1,28	1,566	0,18	11,14

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	289	1,000		1,000			
2	283	0,979	1 -- 2	0,990	147	323	824,9
3	260	0,897	2 -- 3	0,938	663		290,8
4	245	0,845	3 -- 4	0,871	475		333,2
5	230	0,795	4 -- 5	0,820	521		365,8
6	207	0,714	5 -- 6	0,755	1027	2262	1430,2
7	201	0,695	6 -- 7	0,705	265		482,4
8	187	0,647	7 -- 8	0,671	723		507,3
9	174	0,600	8 -- 9	0,623	774		543,1
10	147	0,509	9 -- 10	0,554	1701		596,8
11	136	0,471	10 -- 11	0,490	810	2309	2495,3
12	123	0,424	11 -- 12	0,448	1095		684,2
13	100	0,346	12 -- 13	0,385	2109		740,2
14	80	0,275	13 -- 14	0,311	2314		811,8
15	78	0,271	14 -- 15	0,273	170	2355	12624,8
16	61	0,212	15 -- 16	0,242	2348	948	1243,9
17	53	0,183	16 -- 17	0,198	1364		937,6
18	45	0,156	17 -- 18	0,169	1417		974,2
19	36	0,123	18 -- 19	0,139	1937	577	1295,8
20	31	0,108	19 -- 20	0,116	1022		1053,5
21	25	0,088	20 -- 21	0,098	1577		1084,0
22	20	0,069	21 -- 22	0,078	1630		1120,6
23	15	0,053	22 -- 23	0,061	1681		1157,1
24	11	0,039	23 -- 24	0,046	1734		1193,7
25	8	0,027	24 -- 25	0,033	1787		1230,2
26	5	0,017	25 -- 26	0,022	1840		1266,7
27	1	0,004	26 -- 27	0,011	3839		1321,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4051	2008	2085,8

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	825	0,990	0,570	0,56	460,52	0,56
2 -- 3	291	0,938	2,280	2,01	583,43	2,14
3 -- 4	333	0,871	1,425	1,08	360,25	1,24
4 -- 5	366	0,820	1,425	0,96	350,56	1,17
5 -- 6	1430	0,755	2,300	1,31	1872,76	1,74
6 -- 7	482	0,705	0,550	0,27	131,81	0,39
7 -- 8	507	0,671	1,425	0,64	325,61	0,96
8 -- 9	543	0,623	1,425	0,55	300,68	0,89
9 -- 10	597	0,554	2,850	0,88	522,69	1,58
10 -- 11	2495	0,490	1,250	0,30	749,05	0,61
11 -- 12	684	0,448	1,600	0,32	219,47	0,72
12 -- 13	740	0,385	2,850	0,42	313,25	1,10
13 -- 14	812	0,311	2,850	0,28	223,65	0,89
14 -- 15	12625	0,273	0,200	0,01	188,39	0,05
15 -- 16	1244	0,242	2,650	0,15	192,30	0,64
16 -- 17	938	0,198	1,455	0,06	53,28	0,29
17 -- 18	974	0,169	1,455	0,04	40,70	0,25
18 -- 19	1296	0,139	1,940	0,04	48,90	0,27
19 -- 20	1053	0,116	0,970	0,01	13,66	0,11
20 -- 21	1084	0,098	1,455	0,01	15,11	0,14
21 -- 22	1121	0,078	1,455	0,01	10,02	0,11
22 -- 23	1157	0,061	1,453	0,01	6,27	0,09
23 -- 24	1194	0,046	1,453	0,00	3,67	0,07
24 -- 25	1230	0,033	1,453	0,00	1,95	0,05
25 -- 26	1267	0,022	1,453	0,00	0,91	0,03
26 -- 27	1321	0,011	2,905	0,00	0,46	0,03
27 -- 28	2086	0,002	2,905	0,00	0,03	0,01
		Σ	46,00	9,93	6989,38	16,12

m_e = 6989,4 / 9,9 = 703,8 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2632	703,8	0,030	1,25	1,566	13,8

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,8

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 16,12 / (4 * π * 9,93) = 0,129 (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

$R_e (V_{crit})$ = 1,566 * 11,14 / $15*10^{-6}$ = 1,2E+06

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 = 9,40 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,85 / 16,12 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,073 * 0,129 * 0,42 * 0,2 = 0,025

$y_{F;max}$ = 1,566 * 0,025 = 0,039 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		327319	327319	0,00E+00	6,0E-02	1000
2	2 -- 3			327319	1,87E+08	6,0E-02	966
3	3 -- 4			327319	9,33E+08	5,5E-02	834
4	4 -- 5			327319	1,40E+09	5,1E-02	758
5	5 -- 6			327319	1,87E+09	4,8E-02	687
6	6 -- 7			327319	2,62E+09	4,2E-02	584
7	7 -- 8			327319	2,80E+09	4,1E-02	561
8	8 -- 9			327319	3,27E+09	3,7E-02	505
9	9 -- 10			327319	3,73E+09	3,4E-02	454
10	10 -- 11			327319	4,66E+09	2,9E-02	363
11	11 -- 12			327319	5,07E+09	2,7E-02	328
12	12 -- 13			327319	5,60E+09	2,5E-02	287
13	13 -- 14			327319	6,53E+09	2,1E-02	222
14	14 -- 15			327319	7,46E+09	1,7E-02	169
15	15 -- 16			327319	7,53E+09	1,7E-02	165
16	16 -- 17			327319	8,40E+09	1,4E-02	124
17	17 -- 18			327319	8,87E+09	1,3E-02	105
18	18 -- 19			327319	9,35E+09	1,1E-02	88
19	19 -- 20			327319	9,98E+09	9,6E-03	67
20	20 -- 21			327319	1,03E+10	8,8E-03	59
21	21 -- 22			327319	1,08E+10	7,7E-03	47
22	22 -- 23			327319	1,13E+10	6,6E-03	36
23	23 -- 24			327319	1,17E+10	5,6E-03	27
24	24 -- 25			327319	1,22E+10	4,7E-03	20
25	25 -- 26			327319	1,27E+10	3,8E-03	13
26	26 -- 27			327319	1,32E+10	3,0E-03	9
27	27 -- 28			327319	1,41E+10	1,4E-03	2
28	28 -- 29			327319	1,51E+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	526	20,0	3881449	48	0,0385	3,7
2	632	20,0	5704954	164	0,0385	12,6
3	698	20,0	7022780	199	0,0385	15,3
4	764	20,0	8477637	220	0,0385	16,9
5	871	22,0	12141823	216	0,0385	16,6
6	896	22,0	12891079	217	0,0385	16,7
7	962	22,0	14936792	219	0,0385	16,8
8	1028	22,0	17133241	218	0,0385	16,8
9	1160	22,0	21978355	212	0,0385	16,3
10	1218	22,0	24293626	209	0,0385	16,1
11	1293	22,0	27426424	204	0,0385	15,7
12	1425	22,0	33477450	195	0,0385	15,0
13	1557	22,0	40131436	186	0,0385	14,3
14	1566	22,0	40621023	185	0,0385	14,3
15	1689	22,0	47388381	177	0,0385	13,6
16	1756	22,0	51325733	173	0,0385	13,3
17	1824	22,0	55420239	169	0,0385	13,0
18	1914	22,0	61124043	163	0,0385	12,6
19	1959	22,0	64080714	161	0,0385	12,4
20	2026	22,0	68646683	157	0,0385	12,1
21	2093	22,0	73369806	153	0,0385	11,8
22	2161	22,0	78241563	150	0,0385	11,5
23	2228	22,0	83269935	147	0,0385	11,3
24	2295	22,0	88454922	143	0,0385	11,0
25	2363	22,0	93796523	140	0,0385	10,8
26	2497	22,0	104949571	134	0,0385	10,3
27	2632	22,0	116729078	129	0,0385	9,9

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,28 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 11,14 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 = 41,302 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,12

$V_m(z)$ = 30,1 m/s

V_o = 30,1 * 20 / 100 = 6,03 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,28 * [11,14 / 6,03]^2 * \exp[-(11,14 / 6,03)^2]$ = 1,38E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

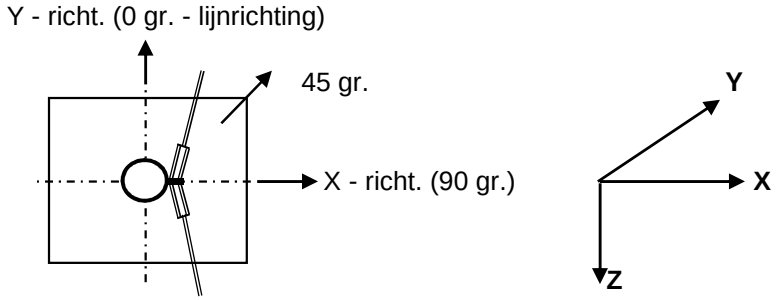
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	15,11	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
5	Lasnaad	20,34	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
7	Lasnaad	20,06	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
9	Lasnaad	20,12	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
10	Lasnaad	19,61	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
12	Lasnaad	18,86	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
13	Lasnaad	18,02	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
14	Lasnaad	17,18	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
16	flenzen	16,37	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01
18	Lasnaad	15,59	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
20	Lasnaad	14,85	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
22	Lasnaad	14,17	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
24	Lasnaad	13,54	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
26	Lasnaad	12,96	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
27	Lasnaad	12,42	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
28	voetplaat	11,92	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			511			
2 - Windbelasting mast	85				1834	
3 - Belasting geval 1a	709		87		21515	
4 - Belasting geval 1b	547		87		16415	
5 - Belasting geval 3	826		174		24589	
6 - Belasting geval 4	536		109		16033	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	794		598		23349	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	563		598		16759	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	850		**685**		**25105**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	552		620		16377	

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	20985	kNm	25105	kNm	25105	kNm
Dwarskracht	721	kN	850	kN	850	kN
Verticale kracht	498	kN	685	kN	448	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		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	590,47	13,28	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	494,73	11,26	28	M 48 - 8,8	848,45	0,58

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 590,5 kN

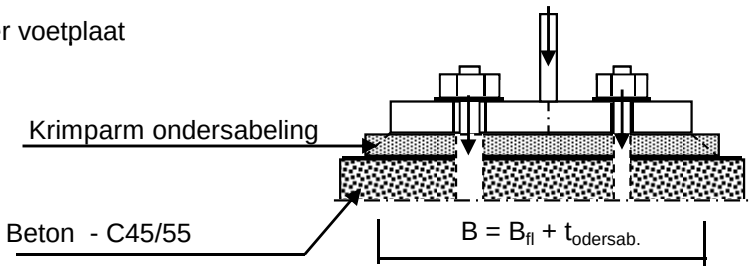
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 494,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 611,9 + 1,00 * 494,7 = 1106,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

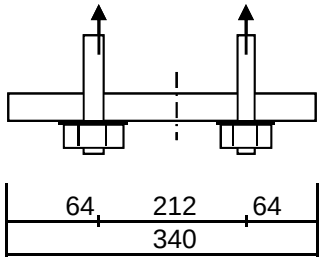
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	2610	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	64	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 110182 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

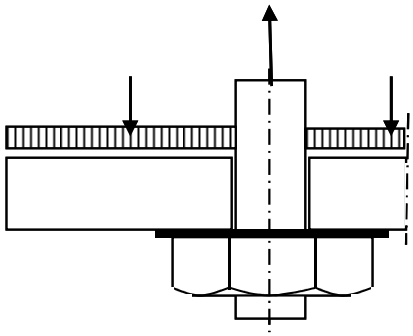


D = 2610 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 87120 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 64 mm
L_{veld} = 212 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 27761 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1437 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 48392 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 48392 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1437 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} = 48392 / 79875,0 = 0,61 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 215,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1437 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (215,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 231 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage A, A1 en A2

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	67197	134540	12772	67197	-134540
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	66586	133997	12772	66586	-133997
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	65843	133378	12772	65843	-133378
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	9252	18126	1668	9252	-18126
	Comp. gl	3460	17957	36336	3460	17957	-36336
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76780	162744	12766	76780	-162744
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76708	162743	12766	76708	-162743
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76619	162745	12766	76619	-162745
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9968	21033	1667	9968	-21033
	Comp. gl	3458	20179	42839	3458	20179	-42839
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	99133	207248	22011	99133	-207248
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	98918	207215	22011	98918	-207215
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	98651	207187	22011	98651	-207187
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6925	23957	49613	6925	23957	-49613
	Comp. gl	13991	47654	99966	13991	47654	-99966
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	74199	157207	15777	74199	-157207
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	74130	157212	15777	74130	-157212
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	74043	157222	15777	74043	-157222
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2419	10990	23225	2419	10990	-23225
	Comp. gl	4963	22372	47543	4963	22372	-47543
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
	GW / opgw	1877	8795	18862	1877	8795	-18862
	Comp. gl	3893	18205	39042	3893	18205	-39042
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	64738	132567	12779	113096	-195229
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	64405	132355	12778	107892	-187857
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	63998	132120	12777	101315	-178576
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8729	17596	1669	18311	-30784
	Comp. gl	3460	17431	35959	3461	28117	-49554
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76478	162756	12767	81626	-165596

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76434	162762	12767	81031	-165075
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76379	162771	12767	80305	-164483
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9910	21026	1667	10987	-21867
	Comp. gl	3458	20111	42845	3459	21232	-43385
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	98238	207172	22013	114388	-218886
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	98109	207175	22013	112495	-216941
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	97947	207185	22012	110185	-214680
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6925	23673	49612	6926	28559	-52527
	Comp. gl	13991	47319	100016	13992	52629	-101844
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	73908	157243	15778	78610	-159124
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	73865	157252	15777	78081	-158745
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	73811	157264	15777	77433	-158320
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2419	10937	23230	2420	11824	-23660
	Comp. gl	4963	22309	47557	4963	23278	-47771
1a	380C1F1 / 380C2F1	12778	108555	188795	12778	108555	-188795
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12778	103740	181992	12778	103740	-181992
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12777	97672	173466	12777	97672	-173466
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	17468	29569	1669	17468	-29569
	Comp. gl	3461	27076	48071	3461	27076	-48071
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81105	165139	12767	81105	-165139
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	80569	164692	12767	80569	-164692
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79916	164187	12766	79916	-164187
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10874	21743	1667	10874	-21743
	Comp. gl	3459	21120	43294	3459	21120	-43294
3	380C1F1 / 380C2F1	22013	112733	217181	22013	112733	-217181
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	111026	215488	22013	111026	-215488
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22012	108944	213527	22012	108944	-213527
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6926	28072	52090	6926	28072	-52090
	Comp. gl	13992	52115	101511	13992	52115	-101511
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	78147	158791	15777	78147	-158791
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	77669	158469	15777	77669	-158469

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77084	158111	15777	77084	-158111
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2420	11735	23588	2420	11735	-23588
	Comp. gl	4963	23186	47723	4963	23186	-47723
1a	380C1F1 / 380C2F1	12779	113096	195229	12772	64738	-132567
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12778	107892	187857	12772	64405	-132355
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12777	101315	178576	12772	63998	-132120
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	18311	30784	1668	8729	-17596
	Comp. gl	3461	28117	49554	3460	17431	-35959
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81626	165596	12766	76478	-162756
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	81031	165075	12766	76434	-162762
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12767	80305	164483	12766	76379	-162771
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	10987	21867	1667	9910	-21026
	Comp. gl	3459	21232	43385	3458	20111	-42845
3	380C1F1 / 380C2F1	22013	114388	218886	22011	98238	-207172
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	112495	216941	22011	98109	-207175
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22012	110185	214680	22011	97947	-207185
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6926	28559	52527	6925	23673	-49612
	Comp. gl	13992	52629	101844	13991	47319	-100016
4	380C1F1 / 380C2F1	15778	78610	159124	15777	73908	-157243
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	78081	158745	15777	73865	-157252
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77433	158320	15777	73811	-157264
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2420	11824	23660	2419	10937	-23230
	Comp. gl	4963	23278	47771	4963	22309	-47557
1a	380C1F1 / 380C2F1	9578	56670	111967	9578	56670	-111967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	55931	111148	9577	55931	-111148
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	55035	110202	9577	55035	-110202
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7907	15242	1251	7907	-15242
	Comp. gl	2594	14941	29869	2594	14941	-29869
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65600	138769	9573	65600	-138769
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65523	138755	9573	65523	-138755
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65426	138743	9573	65426	-138743

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8407	17686	1250	8407	-17686
	Comp. gl	2593	16966	35951	2593	16966	-35951
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	89807	187249	18814	89807	-187249
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	89581	187192	18814	89581	-187192
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	89300	187135	18814	89300	-187135
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6507	23013	47590	6507	23013	-47590
	Comp. gl	13123	45695	95764	13123	45695	-95764
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63611	134502	12582	63611	-134502
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63539	134500	12582	63539	-134500
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63448	134501	12582	63448	-134501
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2002	9624	20295	2002	9624	-20295
	Comp. gl	4097	19555	41502	4097	19555	-41502
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
	GW / opgw	1251	6505	13950	1251	6505	-13950
	Comp. gl	2594	13503	28958	2594	13503	-28958
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	53713	108927	9584	108699	-185802
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	53320	108583	9583	103117	-177620
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	52840	108193	9582	95984	-167147
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	7272	14472	1252	17883	-29865
	Comp. gl	2594	14314	29273	2596	26654	-46417
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65277	138734	9573	71266	-143381
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65230	138734	9573	70550	-142600
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65172	138737	9573	69680	-141699
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8343	17666	1250	9628	-18953
	Comp. gl	2593	16895	35946	2593	18194	-36870
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	88869	187080	18817	106496	-201965
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	88734	187073	18816	104411	-199608
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	88567	187070	18816	101864	-196839
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6507	22725	47579	6508	27761	-50816

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	13123	45356	95807	13124	50804	-97932
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63307	134511	12582	68533	-137514
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63263	134516	12582	67926	-136969
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63207	134524	12582	67187	-136348
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2002	9568	20295	2002	10542	-20911
	Comp. gl	4097	19490	41512	4097	20531	-41881
1a	380C1F1 / 380C2F1	9583	103830	178666	9583	103830	-178666
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9582	98625	171026	9582	98625	-171026
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9582	91989	161283	9582	91989	-161283
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1252	17004	28573	1252	17004	-28573
	Comp. gl	2596	25515	44724	2596	25515	-44724
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	70640	142697	9573	70640	-142697
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	69996	142020	9573	69996	-142020
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	69215	141242	9573	69215	-141242
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9491	18778	1250	9491	-18778
	Comp. gl	2593	18059	36730	2593	18059	-36730
3	380C1F1 / 380C2F1	18816	104673	199900	18816	104673	-199900
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	102792	197832	18816	102792	-197832
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18815	100495	195413	18815	100495	-195413
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6508	27256	50342	6508	27256	-50342
	Comp. gl	13124	50272	97561	13124	50272	-97561
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68002	137035	12582	68002	-137035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	67456	136568	12582	67456	-136568
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	66790	136037	12582	66790	-136037
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2002	10442	20816	2002	10442	-20816
	Comp. gl	4097	20429	41813	4097	20429	-41813
1a	380C1F1 / 380C2F1	9584	108699	185802	9577	53713	-108927
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9583	103117	177620	9577	53320	-108583
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9582	95984	167147	9577	52840	-108193
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1252	17883	29865	1251	7272	-14472
	Comp. gl	2596	26654	46417	2594	14314	-29273

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	71266	143381	9573	65277	-138734
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	70550	142600	9573	65230	-138734
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	69680	141699	9573	65172	-138737
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9628	18953	1250	8343	-17666
	Comp. gl	2593	18194	36870	2593	16895	-35946
3	380C1F1 / 380C2F1	18817	106496	201965	18814	88869	-187080
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	104411	199608	18814	88734	-187073
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18816	101864	196839	18814	88567	-187070
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6508	27761	50816	6507	22725	-47579
	Comp. gl	13124	50804	97932	13123	45356	-95807
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68533	137514	12582	63307	-134511
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	67926	136969	12582	63263	-134516
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	67187	136348	12582	63207	-134524
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2002	10542	20911	2002	9568	-20295
	Comp. gl	4097	20531	41881	4097	19490	-41512

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	63904	132070	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	63662	131949	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	63365	131818	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	8555	17454	0	0	0
	Comp. gl	3460	17252	35867	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76603	162746	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76547	162750	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76478	162756	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9933	21028	0	0	0
	Comp. gl	3458	20139	42841	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76870	160575	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	76684	160519	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	76454	160461	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2844	13450	27434	0	0	0
	Comp. gl	5816	26706	55491	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	72093	153074	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	72039	153081	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	71971	153092	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2269	10476	22191	0	0	0
	Comp. gl	4662	21376	45494	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	0	0	0
	GW / opgw	1877	8795	18862	0	0	0
	Comp. gl	3893	18205	39042	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	62913	131660	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	62774	131624	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	62603	131587	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8352	17327	0	0	0
	Comp. gl	3460	17037	35795	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76369	162773	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76335	162779	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76292	162788	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9889	21027	0	0	0
	Comp. gl	3458	20087	42849	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76101	160401	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	75992	160391	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	75855	160383	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2844	13158	27294	0	0	0
	Comp. gl	5816	26388	55423	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	71865	153113	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	71831	153121	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	71789	153132	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2269	10434	22196	0	0	0
	Comp. gl	4662	21326	45506	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12774	80870	150553	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	78717	147767	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	76077	144436	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	12116	21881	0	0	0
	Comp. gl	3460	20889	39602	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	79803	164105	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	79414	163833	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	78938	163529	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10594	21458	0	0	0
	Comp. gl	3458	20839	43091	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14840	89329	171914	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	87740	170080	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	85804	167930	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2845	18370	32913	0	0	0
	Comp. gl	5817	31808	60022	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75092	153997	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	74734	153793	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74295	153569	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2269	11045	22424	0	0	0
	Comp. gl	4662	22005	45591	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12775	82945	153286	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	80571	150163	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	77652	146410	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	12535	22472	0	0	0
	Comp. gl	3460	21341	40182	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	80181	164386	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	79749	164066	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79222	163706	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	10675	21537	0	0	0
	Comp. gl	3458	20920	43146	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14840	90869	173742	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	89108	171655	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	86958	169198	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2845	18949	33668	0	0	0
	Comp. gl	5817	32432	60746	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75437	154210	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	75042	153968	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74557	153699	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2269	11112	22472	0	0	0
	Comp. gl	4662	22075	45621	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	52731	108109	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	52449	107903	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	52105	107671	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7062	14254	0	0	0
	Comp. gl	2594	14104	29117	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65409	138741	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65350	138737	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65276	138734	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8369	17673	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	2593	16924	35947	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	66143	137572	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	65937	137472	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65683	137363	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2427	12194	24741	0	0	0
	Comp. gl	4950	24068	49833	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61344	130024	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61288	130026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11980	61218	130030	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1852	9076	19190	0	0	0
	Comp. gl	3796	18494	39313	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	0	0	0
	GW / opgw	1251	6505	13950	0	0	0
	Comp. gl	2594	13503	28958	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	51589	107377	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	51433	107303	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	51241	107222	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	6823	14048	0	0	0
	Comp. gl	2594	13859	28982	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65161	138738	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65125	138741	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65080	138746	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8320	17664	0	0	0
	Comp. gl	2593	16869	35948	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	65298	137234	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	65180	137205	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65033	137175	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2427	11878	24549	0	0	0
	Comp. gl	4950	23730	49723	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61107	130043	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61073	130049	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11980	61029	130057	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1852	9033	19192	0	0	0
	Comp. gl	3796	18443	39323	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9579	73005	133689	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	70488	130121	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	67369	125766	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1251	11247	20017	0	0	0
	Comp. gl	2595	18477	34429	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69082	141114	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	68620	140686	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68058	140199	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9150	18362	0	0	0
	Comp. gl	2593	17723	36409	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11645	80641	153286	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11645	78791	150889	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	76525	148035	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2428	17573	31205	0	0	0
	Comp. gl	4951	29688	55475	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	64662	131632	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64255	131322	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	63757	130972	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1852	9702	19545	0	0	0
	Comp. gl	3796	19169	39509	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9580	75410	137131	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	72657	133193	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	69234	128360	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1251	11715	20713	0	0	0
	Comp. gl	2595	19011	35185	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69531	141551	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	69017	141053	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68393	140484	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9249	18478	0	0	0
	Comp. gl	2593	17820	36497	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11646	82428	155643	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11645	80384	152950	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	77876	149725	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2428	18192	32047	0	0	0
	Comp. gl	4951	30374	56333	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	65058	131952	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64605	131588	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	64054	131176	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	9778	19612	0	0	0
	Comp. gl	3796	19246	39555	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

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	10642	57563	117070	10642	57563	-117070
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	57184	116768	10642	57184	-116768
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	56723	116427	10642	56723	-116427
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1390	7785	15551	1390	7785	-15551
	Comp. gl	2883	15398	31573	2883	15398	-31573
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	69127	146970	10637	69127	-146970
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	69081	146972	10637	69081	-146972
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	69023	146977	10637	69023	-146977
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1389	8883	18821	1389	8883	-18821
	Comp. gl	2882	18003	38318	2882	18003	-38318
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82726	173845	16798	82726	-173845
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	82585	173827	16798	82585	-173827
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	82408	173812	16798	82408	-173812
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4892	18870	39292	4892	18870	-39292
	Comp. gl	9899	37657	79272	9899	37657	-79272
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63535	134976	12645	63535	-134976
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63489	134981	12645	63489	-134981
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63433	134989	12645	63433	-134989
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1891	9190	19479	1891	9190	-19479
	Comp. gl	3884	18772	39966	3884	18772	-39966
1a	380C1F1 / 380C2F1	10642	56033	115989	10646	87438	-155985
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	55825	115876	10645	83900	-150921
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	55569	115753	10645	79472	-144640
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1390	7461	15252	1391	13825	-23993
	Comp. gl	2883	15070	31370	2884	21916	-39839
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	68931	146989	10637	72168	-148464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	68903	146994	10637	71799	-148177
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	68866	147001	10637	71349	-147854
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1389	8846	18820	1389	9518	-19281
	Comp. gl	2882	17959	38324	2882	18667	-38600
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82135	173807	16800	92764	-181325

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

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+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	82050	173810	16800	91513	-180051
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	81942	173818	16799	89989	-178579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4892	18678	39286	4893	22025	-41424
	Comp. gl	9899	37433	79302	9900	41038	-80664
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63344	135006	12645	66375	-136038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63315	135012	12645	66037	-135818
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63280	135021	12645	65623	-135573
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1891	9155	19482	1891	9731	-19737
	Comp. gl	3884	18730	39976	3885	19363	-40092
1a	380C1F1 / 380C2F1	10645	84349	151561	10645	84349	-151561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10645	81098	146938	10645	81098	-146938
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10644	77044	141234	10644	77044	-141234
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1390	13235	23124	1390	13235	-23124
	Comp. gl	2883	21221	38848	2883	21221	-38848
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	71845	148212	10637	71845	-148212
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	71513	147968	10637	71513	-147968
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71107	147694	10637	71107	-147694
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1389	9448	19211	1389	9448	-19211
	Comp. gl	2882	18597	38550	2882	18597	-38550
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	91670	180208	16800	91670	-180208
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16799	90544	179103	16799	90544	-179103
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	89172	177832	16799	89172	-177832
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4893	21687	41105	4893	21687	-41105
	Comp. gl	9900	40686	80422	9900	40686	-80422
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66079	135844	12645	66079	-135844
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	65774	135659	12645	65774	-135659
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65400	135453	12645	65400	-135453
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1891	9674	19694	1891	9674	-19694
	Comp. gl	3884	19303	40063	3884	19303	-40063
1a	380C1F1 / 380C2F1	10646	87438	155985	10642	56033	-115989
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10645	83900	150921	10642	55825	-115876
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10645	79472	144640	10642	55569	-115753

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

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 angle: -45 dgr	GW / opgw	1391	13825	23993	1390	7461	-15252
	Comp. gl	2884	21916	39839	2883	15070	-31370
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	72168	148464	10637	68931	-146989
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	71799	148177	10637	68903	-146994
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71349	147854	10637	68866	-147001
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1389	9518	19281	1389	8846	-18820
	Comp. gl	2882	18667	38600	2882	17959	-38324
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	92764	181325	16798	82135	-173807
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16800	91513	180051	16798	82050	-173810
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	89989	178579	16798	81942	-173818
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4893	22025	41424	4892	18678	-39286
	Comp. gl	9900	41038	80664	9899	37433	-79302
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66375	136038	12645	63344	-135006
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	66037	135818	12645	63315	-135012
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65623	135573	12645	63280	-135021
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1891	9731	19737	1891	9155	-19482
	Comp. gl	3885	19363	40092	3884	18730	-39976

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E350(+0)"

Mast 38

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 “W2E350(+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 E en E2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E350(+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 W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (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 50,0 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 25.0 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (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(+0)”

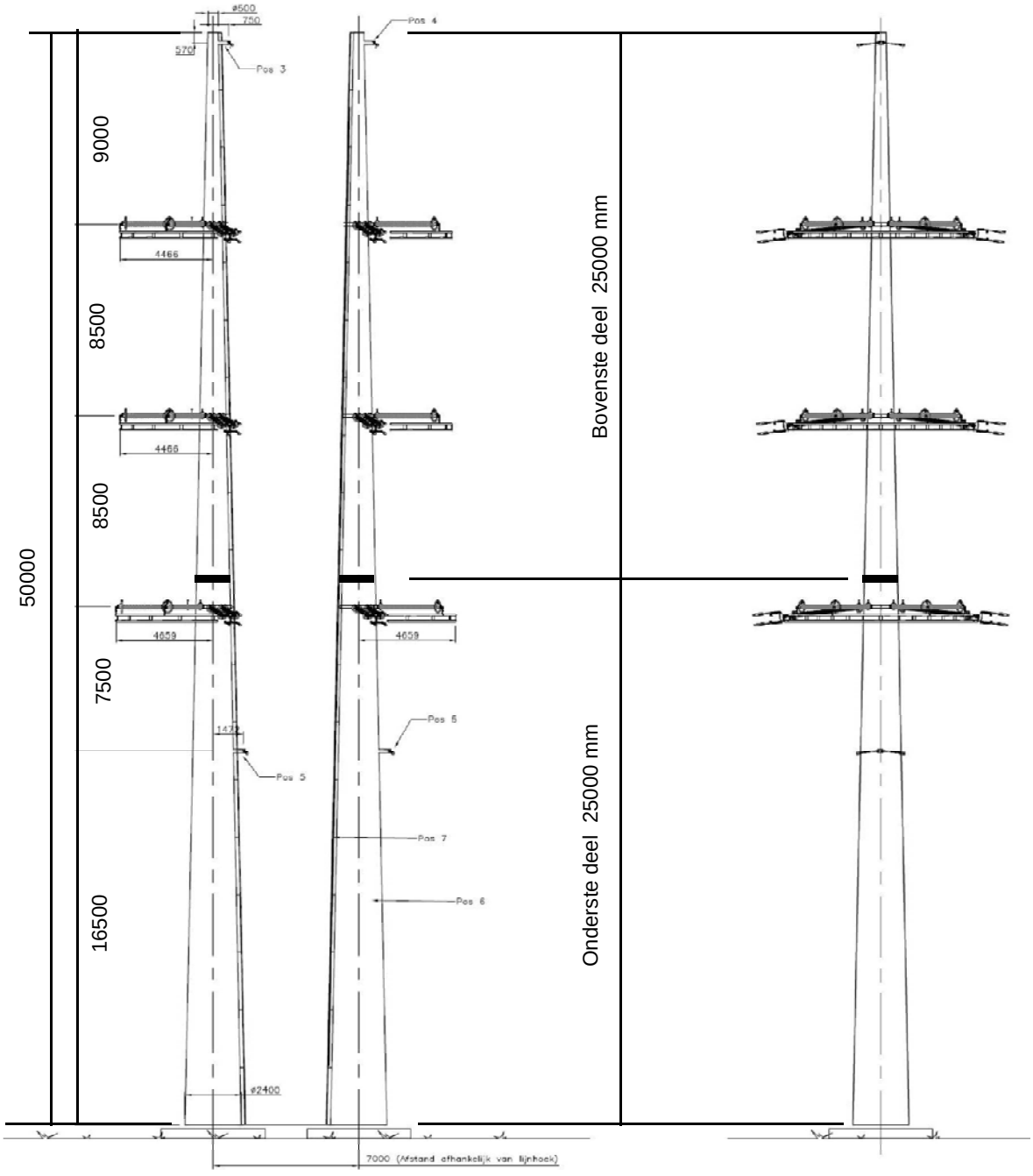
Berekening

W2E350+0

50,0 m - 2400 - 500

Mast 38

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+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	522	500	n.v.t.	2	1	49,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	48,29
3	2850	717	608	n.v.t.	2	1	45,73
4	2850	825	717	n.v.t.	2	1	42,88
5	450	842	825	n.v.t.	2	1	41,23
6	2400	933	842	n.v.t.	2	1	39,80
7	1425	987	933	n.v.t.	2	1	37,89
8	1425	1042	987	n.v.t.	2	1	36,46
9	2850	1150	1042	n.v.t.	2	1	34,33
10	400	1165	1150	n.v.t.	2	1	32,70
11	2450	1258	1165	n.v.t.	2	1	31,28
12	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	28,63
13	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	26,10
14	1000	1488	1450	n.v.t.	2	1	24,50
15	1200	1534	1488	n.v.t.	2	1	23,40
16	1425	1588	1534	n.v.t.	2	1	22,09
17	1425	1642	1588	n.v.t.	2	1	20,66
18	1425	1696	1588	n.v.t.	2	1	19,24
19	1425	1750	1696	n.v.t.	2	1	17,81
20	600	1773	1750	n.v.t.	2	1	16,80
21	2250	1859	1773	n.v.t.	2	1	15,38
22	1425	1913	1859	n.v.t.	2	1	13,54
23	1425	1967	1913	n.v.t.	2	1	12,11
24	2850	2075	1967	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2183	2075	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2292	2183	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2292	n.v.t.	2	1	1,43
	50000				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	1408	22,0	95807	752,09	2,30E+10	490,16	3,27E+07
14	1469	22,0	100009	785,07	2,62E+10	511,65	3,56E+07
15	1511	22,0	102898	807,75	2,85E+10	526,43	3,77E+07
16	1561	22,0	106346	834,81	3,15E+10	544,06	4,03E+07
17	1615	22,0	110088	864,19	3,49E+10	563,20	4,32E+07
18	1642	22,0	111959	878,88	3,67E+10	572,77	4,47E+07
19	1723	22,0	117573	922,95	4,25E+10	601,49	4,94E+07
20	1762	25,0	136392	1070,68	5,14E+10	614,04	5,84E+07
21	1816	25,0	140645	1104,06	5,64E+10	633,19	6,21E+07
22	1886	25,0	146129	1147,11	6,32E+10	657,87	6,71E+07
23	1940	25,0	150382	1180,50	6,89E+10	677,02	7,11E+07
24	2021	25,0	156762	1230,58	7,81E+10	705,73	7,73E+07
25	2129	25,0	165267	1297,35	9,15E+10	744,02	8,59E+07
26	2238	25,0	173773	1364,12	1,06E+11	782,30	9,51E+07
27	2346	25,0	182279	1430,89	1,23E+11	820,59	1,05E+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	50000	1 -- 2	1	570	2,79E+04	8,47E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	47150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	44300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	41450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	41000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	38600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	37175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	35750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	32900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	32500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	30050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	27200	13 -- 14	13	2200	9,58E+04	2,30E+10
14	25000	14 -- 15	14	1000	1,00E+05	2,62E+10
15	24000	15 -- 16	15	1200	1,03E+05	2,85E+10
16	22800	16 -- 17	16	1425	1,06E+05	3,15E+10
17	21375	17 -- 18	17	1425	1,10E+05	3,49E+10
18	19950	18 -- 19	18	1425	1,12E+05	3,67E+10
19	18525	19 -- 20	19	1425	1,18E+05	4,25E+10
20	17100	20 -- 21	20	600	1,36E+05	5,14E+10
21	16500	21 -- 22	21	2250	1,41E+05	5,64E+10
22	14250	22 -- 23	22	1425	1,46E+05	6,32E+10
23	12825	23 -- 24	23	1425	1,50E+05	6,89E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,57E+05	7,81E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,65E+05	9,15E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,74E+05	1,06E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,82E+05	1,23E+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	49,72	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
2	48,29	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
3	45,73	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
4	42,88	0,21	1,12	30,34	0,19	1326
5	41,23	0,21	1,12	30,12	0,19	1312
6	39,80	0,21	1,11	29,92	0,19	1300
7	37,89	0,21	1,10	29,64	0,19	1282
8	36,46	0,21	1,09	29,43	0,19	1269
9	34,33	0,21	1,08	29,09	0,19	1248
10	32,70	0,21	1,07	28,81	0,20	1231
11	31,28	0,21	1,06	28,56	0,20	1216
12	28,63	0,21	1,04	28,06	0,20	1186
13	26,10	0,21	1,02	27,54	0,21	1155
14	24,50	0,21	1,01	27,18	0,21	1134
15	23,40	0,21	1,00	26,92	0,21	1119
16	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
17	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
18	19,24	0,21	0,96	25,81	0,22	1055
19	17,81	0,21	0,94	25,38	0,22	1030
20	16,80	0,21	0,93	25,05	0,23	1011
21	15,38	0,21	0,91	24,55	0,23	984
22	13,54	0,21	0,88	23,83	0,24	944
23	12,11	0,21	0,86	23,20	0,24	910
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	1332	300	0,30	0,00	1,30E-02	382,58
2	2 -- 3	5878	1772	3,40	0,55	1,30E-02	375,19
3	3 -- 4	8581		9,28	15,01	1,29E-02	345,67
4	4 -- 5	9951		17,86	53,70	1,27E-02	309,15
5	5 -- 6	1873		27,81	118,79	1,23E-02	273,49
6	6 -- 7	10630	13777	43,46	131,72	1,22E-02	267,97
7	7 -- 8	6822		54,09	248,79	1,18E-02	239,06
8	8 -- 9	7203		60,92	330,74	1,15E-02	222,43
9	9 -- 10	15548		68,12	422,68	1,12E-02	206,24
10	10 -- 11	2304		83,67	638,98	1,05E-02	175,34
11	11 -- 12	14766	14223	100,20	672,90	1,03E-02	171,18
12	12 -- 13	18593		114,96	936,47	9,64E-03	146,65
13	13 -- 14	16876		133,55	1290,61	8,75E-03	120,37
14	14 -- 15	8001	8032	158,46	1602,99	8,10E-03	101,81
15	15 -- 16	9873	14669	181,13	1765,45	7,79E-03	93,86
16	16 -- 17	12110		191,01	1988,73	7,41E-03	84,73
17	17 -- 18	12528		203,12	2269,55	6,96E-03	74,49
18	18 -- 19	12738		215,64	2567,91	6,49E-03	64,90
19	19 -- 20	13366		228,38	2884,28	5,98E-03	56,01
20	20 -- 21	6514		241,75	3219,25	5,50E-03	47,83
21	21 -- 22	25179	3365	251,63	3366,25	5,31E-03	44,58
22	22 -- 23	16560		276,81	3960,74	4,62E-03	33,39
23	23 -- 24	17036		293,37	4366,98	4,17E-03	27,12
24	24 -- 25	35499		310,40	4797,17	3,72E-03	21,50
25	25 -- 26	37402		345,90	5732,40	2,81E-03	12,16
26	26 -- 27	39305		383,30	6771,51	1,88E-03	5,44
27	27 -- 28	41208		422,61	7919,94	9,44E-04	1,38
28			26943	490,76	9183,09	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	0,383	607,87	23,520
2	2 -- 3	587,8	177,2	0,375	2730,54	101,304
3	3 -- 4	858,1		0,346	2755,99	91,981
4	4 -- 5	995,1		0,309	2843,79	84,450
5	5 -- 6	187,3		0,273	497,44	13,728
6	6 -- 7	1063,0	1377,7	0,268	6265,49	167,254
7	7 -- 8	682,2		0,239	1544,34	36,325
8	8 -- 9	720,3		0,222	1514,55	33,091
9	9 -- 10	1554,8		0,206	2910,06	56,597
10	10 -- 11	230,4		0,175	391,60	6,916
11	11 -- 12	1476,6	1422,3	0,171	4690,45	78,968
12	12 -- 13	1859,3		0,147	2435,11	33,140
13	13 -- 14	1687,6		0,120	1839,08	20,826
14	14 -- 15	800,1	803,2	0,102	1570,09	15,983
15	15 -- 16	987,3	1466,9	0,094	2215,60	20,796
16	16 -- 17	1211,0		0,085	945,75	7,675
17	17 -- 18	1252,8		0,074	856,59	6,086
18	18 -- 19	1273,8		0,065	755,47	4,656
19	19 -- 20	1336,6		0,056	680,77	3,603
20	20 -- 21	651,4		0,048	295,27	1,391
21	21 -- 22	2517,9	336,5	0,045	1110,20	4,496
22	22 -- 23	1656,0		0,033	491,55	1,516
23	23 -- 24	1703,6		0,027	406,27	1,007
24	24 -- 25	3549,9		0,021	585,95	1,005
25	25 -- 26	3740,2		0,012	322,80	0,289
26	26 -- 27	3930,5		0,005	131,46	0,046
27	27 -- 28	4120,8		0,001	27,87	0,002
28			2694,3	0,000	0,00	0,000
				Som	41422	817

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

$n_{1,x}$	=	1,13	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	0,990	0,570	0,56	333,90	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,70	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,41	2,44
4 -- 5	349	0,761	2,850	1,65	576,96	2,17
5 -- 6	3478	0,708	0,450	0,23	783,69	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,77	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,17	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,08	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,67	1,42
10 -- 11	4132	0,453	0,400	0,08	338,95	0,18
11 -- 12	603	0,415	2,450	0,42	254,77	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,42	0,99
13 -- 14	1132	0,290	2,200	0,19	210,00	0,64
14 -- 15	2267	0,256	1,000	0,07	148,24	0,26
15 -- 16	823	0,233	1,200	0,07	53,79	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,44	0,30
17 -- 18	879	0,182	1,425	0,05	41,58	0,26
18 -- 19	894	0,158	1,425	0,04	31,81	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,62	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,41	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,15	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,36	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,88	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,87	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,98	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5621,93	17,38

m_e = 5621,9 / 10,7 = 527,0 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,13	Hz
b =	1,45	m
h =	50,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	73,79	

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

B^2 =	0,50	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,052	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,064	
$v_m(z_s)$ =	28,32	m/s
$v_m(z)$ =	31,21	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,68	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,67	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	23,01	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,13	
R^2 =	0,71	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,87	Hz

$$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\} = 3,71$$

$c_s c_d$ =	**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	31,2	1,06E+06	0,77	0,80	0,61
2	31,0	1,17E+06	0,77	0,80	0,61
3	30,7	1,36E+06	0,77	0,80	0,61
4	30,3	1,56E+06	0,77	0,80	0,61
5	30,1	1,67E+06	0,77	0,80	0,61
6	29,9	1,77E+06	0,77	0,80	0,61
7	29,6	1,90E+06	0,77	0,80	0,61
8	29,4	1,99E+06	0,77	0,80	0,61
9	29,1	2,12E+06	0,76	0,80	0,61
10	28,8	2,22E+06	0,76	0,80	0,61
11	28,6	2,31E+06	0,76	0,80	0,61
12	28,1	2,45E+06	0,76	0,80	0,61
13	27,5	2,59E+06	0,76	0,80	0,60
14	27,2	2,66E+06	0,76	0,80	0,60
15	26,9	2,71E+06	0,76	0,80	0,60
16	26,6	2,77E+06	0,76	0,80	0,60
17	26,2	2,82E+06	0,76	0,80	0,60
18	25,8	2,83E+06	0,76	0,80	0,60
19	25,4	2,92E+06	0,75	0,80	0,60
20	25,0	2,94E+06	0,75	0,80	0,60
21	24,5	2,97E+06	0,75	0,80	0,60
22	23,8	3,00E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,2	3,00E+06	0,75	0,80	0,60
24	22,1	2,98E+06	0,75	0,80	0,59
25	20,2	2,87E+06	0,74	0,80	0,59
26	17,3	2,58E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,65E+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	49,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - E en E2		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
Passieve run	16,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	49,43	0,761
1e traverse - 380C1F1	41,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	32,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	24,00	0,000
Passieve run	16,50	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	49,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
Passieve run	16,50	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	0,179	0,068	373	0,654
2	5536	342	5878	0,789	0,274	1593	0,699
3	8153	428	8581	1,155	0,342	2212	0,776
4	9523	428	9951	1,341	0,342	2445	0,858
5	1805	68	1873	0,229	0,054	406	0,903
6	10270	360	10630	1,298	0,288	2259	0,941
7	6609	214	6822	0,833	0,171	1411	0,990
8	6989	214	7203	0,879	0,171	1460	1,025
9	15120	428	15548	1,897	0,342	3062	1,074
10	2244	60	2304	0,281	0,048	444	1,110
11	14399	368	14766	1,800	0,294	2790	1,139
12	18165	428	18593	2,264	0,342	3386	1,188
13	16546	330	16876	1,872	0,264	2703	1,229
14	7851	150	8001	0,887	0,120	1251	1,251
15	9693	180	9873	1,093	0,144	1517	1,264
16	11896	214	12110	1,340	0,171	1820	1,277
17	12315	214	12528	1,384	0,171	1837	1,289
18	12524	214	12738	1,406	0,171	1822	1,279
19	13152	214	13366	1,473	0,171	1855	1,302
20	6424	90	6514	0,633	0,072	782	1,303
21	24841	338	25179	2,444	0,270	2924	1,300
22	16346	214	16560	1,603	0,171	1835	1,288
23	16822	214	17036	1,645	0,171	1811	1,271
24	35071	428	35499	3,413	0,342	3505	1,230
25	36974	428	37402	3,567	0,342	3232	1,134
26	38877	428	39305	3,696	0,342	2722	0,955
27	40780	428	41208	3,867	0,342	2758	0,968
	400176	7500	407676	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	54216

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	9205				
14	14 -- 15	9601	9639	9639	9639	9639
15	15 -- 16	9873	17605	17598	28389	20611
16	16 -- 17	10198				
17	17 -- 18	10550				
18	18 -- 19	10727				
19	19 -- 20	11255				
20	20 -- 21	13028				
21	21 -- 22	13429	4038	4036	16332	5542
22	22 -- 23	13945				
23	23 -- 24	14346				
24	24 -- 25	14947				
25	25 -- 26	15748				
26	26 -- 27	16549				
27	27 -- 28	17351				
28			32331	32331	32331	32331

KEMA rapport - bijlage E - 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	654				
2	2 -- 3	699	27523	20498	48828	21586
3	3 -- 4	776				
4	4 -- 5	858				
5	5 -- 6	903				
6	6 -- 7	941	178146	157129	205096	149275
7	7 -- 8	990				
8	8 -- 9	1025				
9	9 -- 10	1074				
10	10 -- 11	1110				
11	11 -- 12	1139	171597	156685	203328	148913
12	12 -- 13	1188				
13	13 -- 14	1229				
14	14 -- 15	1251				
15	15 -- 16	1264	163435	156167	201244	148493
16	16 -- 17	1277				
17	17 -- 18	1289				
18	18 -- 19	1279				
19	19 -- 20	1302				
20	20 -- 21	1303				
21	21 -- 22	1300	45093	41040	94488	43716
22	22 -- 23	1288				
23	23 -- 24	1271				
24	24 -- 25	1230				
25	25 -- 26	1134				
26	26 -- 27	955				
27	27 -- 28	968				
28						

KEMA rapport - bijlage E2 - 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	1047				
2	2 -- 3	1118	35966	23730	62867	26151
3	3 -- 4	1242				
4	4 -- 5	1373				
5	5 -- 6	1445				
6	6 -- 7	1506	227009	179009	252172	176658
7	7 -- 8	1584				
8	8 -- 9	1640				
9	9 -- 10	1719				
10	10 -- 11	1775				
11	11 -- 12	1822	217300	178238	249461	176052
12	12 -- 13	1901				
13	13 -- 14	1966				
14	14 -- 15	2001				
15	15 -- 16	2022	205011	177337	246252	175344
16	16 -- 17	2044				
17	17 -- 18	2063				
18	18 -- 19	2046				
19	19 -- 20	2083				
20	20 -- 21	2084				
21	21 -- 22	2080	56990	47009	120983	52586
22	22 -- 23	2060				
23	23 -- 24	2033				
24	24 -- 25	1968				
25	25 -- 26	1814				
26	26 -- 27	1528				
27	27 -- 28	1548				
28						

KEMA rapport - bijlage E - 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	373		0	0,00E+00	2,18E-03	61
2	2 -- 3	1593		373	1,11E+05	2,18E-03	60
3	3 -- 4	2212		1966	2,82E+06	2,17E-03	55
4	4 -- 5	2445		4178	1,17E+07	2,12E-03	49
5	5 -- 6	406		6623	2,72E+07	2,04E-03	43
6	6 -- 7	2259		7029	3,04E+07	2,02E-03	42
7	7 -- 8	1411		9288	5,02E+07	1,94E-03	37
8	8 -- 9	1460		10699	6,46E+07	1,88E-03	34
9	9 -- 10	3062		12159	8,11E+07	1,81E-03	32
10	10 -- 11	444		15221	1,20E+08	1,67E-03	27
11	11 -- 12	2790		15665	1,27E+08	1,65E-03	26
12	12 -- 13	3386		18455	1,69E+08	1,53E-03	22
13	13 -- 14	2703		21841	2,27E+08	1,37E-03	18
14	14 -- 15	1251		24545	2,78E+08	1,25E-03	15
15	15 -- 16	1517		25795	3,04E+08	1,20E-03	14
16	16 -- 17	1820		27312	3,36E+08	1,14E-03	13
17	17 -- 18	1837		29132	3,76E+08	1,06E-03	11
18	18 -- 19	1822		30969	4,20E+08	9,82E-04	10
19	19 -- 20	1855		32791	4,65E+08	9,00E-04	8
20	20 -- 21	782		34647	5,14E+08	8,22E-04	7
21	21 -- 22	2924		35428	5,35E+08	7,93E-04	7
22	22 -- 23	1835		38353	6,18E+08	6,84E-04	5
23	23 -- 24	1811		40188	6,75E+08	6,14E-04	4
24	24 -- 25	3505		41998	7,33E+08	5,45E-04	3
25	25 -- 26	3232		45503	8,58E+08	4,07E-04	2
26	26 -- 27	2722		48735	9,93E+08	2,70E-04	1
27	27 -- 28	2758		51457	1,14E+09	1,34E-04	0
28				54216	1,29E+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	3,55E-02	1007
2	2 -- 3		27523	95784	6,83E+04	3,55E-02	987
3	3 -- 4			838185	6,36E+07	3,52E-02	906
4	4 -- 5			2597824	1,44E+08	3,45E-02	807
5	5 -- 6			5275162	2,25E+08	3,36E-02	710
6	6 -- 7		178146	6104288	2,38E+08	3,35E-02	695
7	7 -- 8			10360502	7,36E+08	3,24E-02	615
8	8 -- 9			13115001	1,03E+09	3,15E-02	570
9	9 -- 10			16101180	1,33E+09	3,05E-02	526
10	10 -- 11			23060163	1,92E+09	2,82E-02	442
11	11 -- 12		171597	24347680	2,00E+09	2,79E-02	430
12	12 -- 13			31861818	2,94E+09	2,57E-02	365
13	13 -- 14			41085546	4,02E+09	2,30E-02	295
14	14 -- 15			48690535	4,86E+09	2,09E-02	247
15	15 -- 16		163435	52537178	5,24E+09	2,00E-02	226
16	16 -- 17			56968354	5,89E+09	1,89E-02	203
17	17 -- 18			62210951	6,67E+09	1,76E-02	177
18	18 -- 19			67361703	7,44E+09	1,62E-02	153
19	19 -- 20			72362084	8,22E+09	1,47E-02	131
20	20 -- 21			77173098	8,99E+09	1,34E-02	111
21	21 -- 22		45093	79184510	9,32E+09	1,29E-02	103
22	22 -- 23			86565163	1,06E+10	1,10E-02	76
23	23 -- 24			90874188	1,15E+10	9,78E-03	61
24	24 -- 25			94915489	1,23E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			102246987	1,40E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			107933115	1,57E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			111621955	1,73E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			113040960	1,90E+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	3,08E-02	887
2	2 -- 3		20498	20498	5,92E+04	3,08E-02	869
3	3 -- 4			20498	4,74E+07	3,06E-02	799
4	4 -- 5			20498	1,07E+08	3,00E-02	713
5	5 -- 6			20498	1,68E+08	2,94E-02	628
6	6 -- 7		157129	177627	1,78E+08	2,93E-02	615
7	7 -- 8			177627	6,08E+08	2,84E-02	546
8	8 -- 9			177627	8,64E+08	2,77E-02	506
9	9 -- 10			177627	1,12E+09	2,68E-02	467
10	10 -- 11			177627	1,63E+09	2,49E-02	393
11	11 -- 12		156685	334312	1,70E+09	2,46E-02	383
12	12 -- 13			334312	2,53E+09	2,28E-02	325
13	13 -- 14			334312	3,49E+09	2,04E-02	263
14	14 -- 15			334312	4,23E+09	1,86E-02	220
15	15 -- 16		156167	490479	4,57E+09	1,78E-02	202
16	16 -- 17			490479	5,16E+09	1,68E-02	181
17	17 -- 18			490479	5,87E+09	1,56E-02	158
18	18 -- 19			490479	6,57E+09	1,44E-02	137
19	19 -- 20			490479	7,27E+09	1,32E-02	117
20	20 -- 21			490479	7,98E+09	1,19E-02	99
21	21 -- 22		41040	531518	8,27E+09	1,15E-02	92
22	22 -- 23			531518	9,47E+09	9,81E-03	68
23	23 -- 24			531518	1,02E+10	8,75E-03	55
24	24 -- 25			531518	1,10E+10	7,70E-03	43
25	25 -- 26			531518	1,25E+10	5,66E-03	24
26	26 -- 27			531518	1,40E+10	3,69E-03	10
27	27 -- 28			531518	1,56E+10	1,80E-03	3
28				531518	1,71E+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	4,60E-02	1272
2	2 -- 3		48828	48828	8,85E+04	4,60E-02	1246
3	3 -- 4			48828	1,12E+08	4,55E-02	1141
4	4 -- 5			48828	2,54E+08	4,42E-02	1013
5	5 -- 6			48828	3,96E+08	4,27E-02	889
6	6 -- 7		205096	253924	4,19E+08	4,25E-02	870
7	7 -- 8			253924	1,03E+09	4,09E-02	769
8	8 -- 9			253924	1,40E+09	3,96E-02	712
9	9 -- 10			253924	1,76E+09	3,83E-02	656
10	10 -- 11			253924	2,50E+09	3,53E-02	551
11	11 -- 12		203328	457253	2,60E+09	3,49E-02	537
12	12 -- 13			457253	3,73E+09	3,21E-02	455
13	13 -- 14			457253	5,04E+09	2,86E-02	368
14	14 -- 15			457253	6,06E+09	2,61E-02	308
15	15 -- 16		201244	658497	6,52E+09	2,49E-02	283
16	16 -- 17			658497	7,32E+09	2,35E-02	253
17	17 -- 18			658497	8,26E+09	2,19E-02	221
18	18 -- 19			658497	9,21E+09	2,02E-02	191
19	19 -- 20			658497	1,02E+10	1,84E-02	164
20	20 -- 21			658497	1,11E+10	1,67E-02	139
21	21 -- 22		94488	752985	1,15E+10	1,61E-02	129
22	22 -- 23			752985	1,32E+10	1,37E-02	95
23	23 -- 24			752985	1,43E+10	1,22E-02	77
24	24 -- 25			752985	1,54E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			752985	1,75E+10	7,93E-03	33
26	26 -- 27			752985	1,97E+10	5,18E-03	15
27	27 -- 28			752985	2,18E+10	2,53E-03	4
28				752985	2,40E+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	2,98E-02	854
2	2 -- 3		21586	21586	5,74E+04	2,98E-02	837
3	3 -- 4			21586	4,99E+07	2,96E-02	769
4	4 -- 5			21586	1,13E+08	2,90E-02	686
5	5 -- 6			21586	1,77E+08	2,84E-02	604
6	6 -- 7		149275	170861	1,87E+08	2,83E-02	591
7	7 -- 8			170861	6,01E+08	2,74E-02	524
8	8 -- 9			170861	8,46E+08	2,66E-02	486
9	9 -- 10			170861	1,09E+09	2,58E-02	448
10	10 -- 11			170861	1,59E+09	2,39E-02	377
11	11 -- 12		148913	319775	1,65E+09	2,37E-02	368
12	12 -- 13			319775	2,44E+09	2,19E-02	312
13	13 -- 14			319775	3,36E+09	1,96E-02	253
14	14 -- 15			319775	4,07E+09	1,79E-02	211
15	15 -- 16		148493	468268	4,40E+09	1,71E-02	194
16	16 -- 17			468268	4,96E+09	1,62E-02	174
17	17 -- 18			468268	5,63E+09	1,50E-02	152
18	18 -- 19			468268	6,31E+09	1,39E-02	131
19	19 -- 20			468268	6,98E+09	1,26E-02	112
20	20 -- 21			468268	7,65E+09	1,15E-02	95
21	21 -- 22		43716	511984	7,93E+09	1,10E-02	88
22	22 -- 23			511984	9,09E+09	9,42E-03	65
23	23 -- 24			511984	9,82E+09	8,40E-03	53
24	24 -- 25			511984	1,06E+10	7,40E-03	41
25	25 -- 26			511984	1,20E+10	5,44E-03	23
26	26 -- 27			511984	1,35E+10	3,55E-03	10
27	27 -- 28			511984	1,49E+10	1,73E-03	3
28				511984	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	4,56E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,56E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,40E-05	0
4	4 -- 5				1,23E+06	2,52E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	1,97E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	1,90E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,63E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,50E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,39E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,22E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,20E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,09E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	9,93E-06	0
14	14 -- 15				1,23E+06	9,36E-06	0
15	15 -- 16				1,23E+06	9,14E-06	0
16	16 -- 17				1,23E+06	8,89E-06	0
17	17 -- 18				1,23E+06	8,63E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	8,39E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	8,16E-06	0
20	20 -- 21				1,23E+06	7,96E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,89E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	6,32E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	5,44E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	4,63E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	3,19E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,97E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	9,13E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

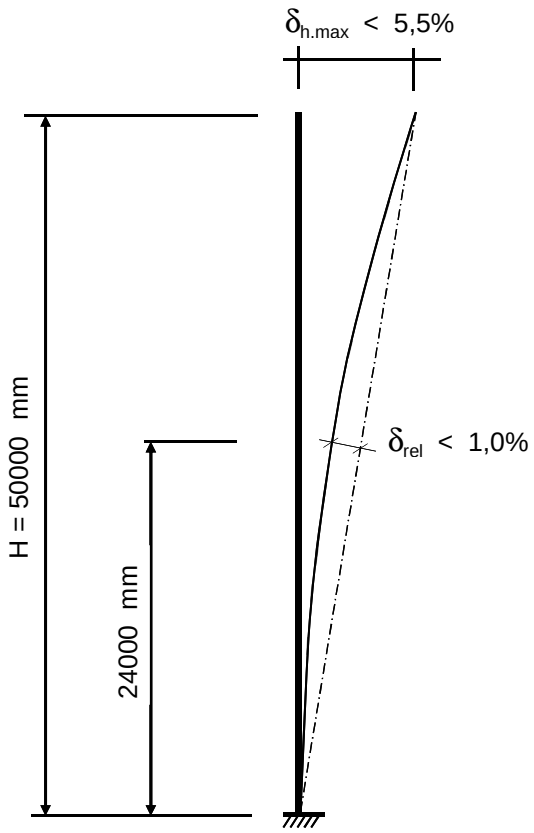
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	4,7E-02	1291
2	2 -- 3	4,7E-02	1264
3	3 -- 4	4,6E-02	1158
4	4 -- 5	4,5E-02	1028
5	5 -- 6	4,3E-02	902
6	6 -- 7	4,3E-02	883
7	7 -- 8	4,2E-02	781
8	8 -- 9	4,0E-02	723
9	9 -- 10	3,9E-02	666
10	10 -- 11	3,6E-02	560
11	11 -- 12	3,5E-02	545
12	12 -- 13	3,3E-02	462
13	13 -- 14	2,9E-02	374
14	14 -- 15	2,6E-02	313
15	15 -- 16	2,5E-02	287
16	16 -- 17	2,4E-02	257
17	17 -- 18	2,2E-02	224
18	18 -- 19	2,0E-02	194
19	19 -- 20	1,9E-02	166
20	20 -- 21	1,7E-02	141
21	21 -- 22	1,6E-02	131
22	22 -- 23	1,4E-02	97
23	23 -- 24	1,2E-02	78
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 = 1291 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 2,58 % 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 15 ; Hoogte = 24000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 287 mm
α = 1,48 graden

δ_{rel} = 333 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 0,67 % 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	560	360	0	0,00E+00	3,25E-03	91
2	2 -- 3	2390	4086	560	1,59E+05	3,25E-03	89
3	3 -- 4	3317	11140	2949	4,16E+06	3,23E-03	82
4	4 -- 5	3668	21436	6267	1,73E+07	3,16E-03	73
5	5 -- 6	610	33377	9934	4,04E+07	3,03E-03	64
6	6 -- 7	3388	52160	10544	4,50E+07	3,01E-03	62
7	7 -- 8	2116	64917	13932	7,44E+07	2,88E-03	55
8	8 -- 9	2191	73104	16048	9,57E+07	2,79E-03	51
9	9 -- 10	4593	81747	18239	1,20E+08	2,70E-03	47
10	10 -- 11	666	100405	22832	1,79E+08	2,49E-03	40
11	11 -- 12	4185	120239	23497	1,88E+08	2,46E-03	39
12	12 -- 13	5080	137959	27683	2,51E+08	2,27E-03	33
13	13 -- 14	4055	160270	32762	3,37E+08	2,03E-03	27
14	14 -- 15	1876	190160	36817	4,13E+08	1,86E-03	23
15	15 -- 16	2275	217366	38693	4,51E+08	1,79E-03	21
16	16 -- 17	2730	229214	40968	4,99E+08	1,69E-03	19
17	17 -- 18	2755	243746	43698	5,59E+08	1,58E-03	16
18	18 -- 19	2733	258780	46453	6,23E+08	1,46E-03	14
19	19 -- 20	2783	274065	49187	6,92E+08	1,34E-03	12
20	20 -- 21	1173	290104	51970	7,64E+08	1,22E-03	10
21	21 -- 22	4387	301959	53142	7,95E+08	1,18E-03	10
22	22 -- 23	2752	332174	57529	9,20E+08	1,02E-03	7
23	23 -- 24	2716	352046	60281	1,00E+09	9,15E-04	6
24	24 -- 25	5257	372489	62998	1,09E+09	8,12E-04	5
25	25 -- 26	4848	415088	68255	1,28E+09	6,07E-04	3
26	26 -- 27	4084	459970	73103	1,48E+09	4,02E-04	1
27	27 -- 28	4137	507136	77186	1,69E+09	2,00E-04	0
28			588917	81323	1,92E+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	4,49E-02	1273
2	2 -- 3		35966	35966	0,00E+00	4,49E-02	1247
3	3 -- 4			35966	8,20E+07	4,46E-02	1145
4	4 -- 5			35966	1,85E+08	4,36E-02	1019
5	5 -- 6			35966	2,87E+08	4,25E-02	897
6	6 -- 7		227009	262975	3,03E+08	4,24E-02	877
7	7 -- 8			262975	9,34E+08	4,10E-02	777
8	8 -- 9			262975	1,31E+09	3,98E-02	719
9	9 -- 10			262975	1,68E+09	3,85E-02	664
10	10 -- 11			262975	2,43E+09	3,57E-02	558
11	11 -- 12		217300	480275	2,54E+09	3,53E-02	543
12	12 -- 13			480275	3,72E+09	3,25E-02	460
13	13 -- 14			480275	5,08E+09	2,90E-02	372
14	14 -- 15			480275	6,14E+09	2,64E-02	311
15	15 -- 16		205011	685286	6,62E+09	2,53E-02	285
16	16 -- 17			685286	7,44E+09	2,39E-02	256
17	17 -- 18			685286	8,42E+09	2,22E-02	223
18	18 -- 19			685286	9,40E+09	2,04E-02	193
19	19 -- 20			685286	1,04E+10	1,86E-02	165
20	20 -- 21			685286	1,13E+10	1,69E-02	140
21	21 -- 22		56990	742276	1,18E+10	1,62E-02	130
22	22 -- 23			742276	1,34E+10	1,38E-02	96
23	23 -- 24			742276	1,45E+10	1,23E-02	77
24	24 -- 25			742276	1,55E+10	1,09E-02	61
25	25 -- 26			742276	1,77E+10	7,97E-03	34
26	26 -- 27			742276	1,98E+10	5,20E-03	15
27	27 -- 28			742276	2,19E+10	2,54E-03	4
28				742276	2,40E+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	3,48E-02	1003
2	2 -- 3		23730	23730	0,00E+00	3,48E-02	984
3	3 -- 4			23730	5,41E+07	3,46E-02	904
4	4 -- 5			23730	1,22E+08	3,39E-02	807
5	5 -- 6			23730	1,89E+08	3,33E-02	711
6	6 -- 7		179009	202739	2,00E+08	3,32E-02	696
7	7 -- 8			202739	6,87E+08	3,22E-02	617
8	8 -- 9			202739	9,76E+08	3,13E-02	572
9	9 -- 10			202739	1,26E+09	3,03E-02	528
10	10 -- 11			202739	1,84E+09	2,82E-02	444
11	11 -- 12		178238	380977	1,92E+09	2,79E-02	433
12	12 -- 13			380977	2,86E+09	2,58E-02	367
13	13 -- 14			380977	3,94E+09	2,30E-02	298
14	14 -- 15			380977	4,78E+09	2,10E-02	249
15	15 -- 16		177337	558314	5,16E+09	2,01E-02	229
16	16 -- 17			558314	5,83E+09	1,90E-02	205
17	17 -- 18			558314	6,63E+09	1,77E-02	179
18	18 -- 19			558314	7,42E+09	1,63E-02	155
19	19 -- 20			558314	8,22E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			558314	9,01E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		47009	605323	9,35E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			605323	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			605323	1,16E+10	9,90E-03	62
24	24 -- 25			605323	1,24E+10	8,72E-03	49
25	25 -- 26			605323	1,42E+10	6,41E-03	27
26	26 -- 27			605323	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			605323	1,76E+10	2,04E-03	3
28				605323	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	5,68E-02	1564
2	2 -- 3		62867	62867	0,00E+00	5,68E-02	1532
3	3 -- 4			62867	1,43E+08	5,61E-02	1403
4	4 -- 5			62867	3,23E+08	5,45E-02	1245
5	5 -- 6			62867	5,02E+08	5,26E-02	1092
6	6 -- 7		252172	315039	5,30E+08	5,23E-02	1069
7	7 -- 8			315039	1,29E+09	5,03E-02	945
8	8 -- 9			315039	1,73E+09	4,88E-02	874
9	9 -- 10			315039	2,18E+09	4,70E-02	806
10	10 -- 11			315039	3,08E+09	4,34E-02	677
11	11 -- 12		249461	564499	3,21E+09	4,29E-02	660
12	12 -- 13			564499	4,59E+09	3,94E-02	559
13	13 -- 14			564499	6,20E+09	3,51E-02	452
14	14 -- 15			564499	7,44E+09	3,20E-02	378
15	15 -- 16		246252	810751	8,01E+09	3,06E-02	347
16	16 -- 17			810751	8,98E+09	2,89E-02	311
17	17 -- 18			810751	1,01E+10	2,68E-02	271
18	18 -- 19			810751	1,13E+10	2,48E-02	235
19	19 -- 20			810751	1,24E+10	2,26E-02	201
20	20 -- 21			810751	1,36E+10	2,05E-02	170
21	21 -- 22		120983	931735	1,41E+10	1,97E-02	158
22	22 -- 23			931735	1,62E+10	1,68E-02	117
23	23 -- 24			931735	1,75E+10	1,50E-02	94
24	24 -- 25			931735	1,88E+10	1,33E-02	74
25	25 -- 26			931735	2,15E+10	9,75E-03	41
26	26 -- 27			931735	2,41E+10	6,36E-03	18
27	27 -- 28			931735	2,68E+10	3,11E-03	5
28				931735	2,95E+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	3,51E-02	1005
2	2 -- 3		26151	26151	0,00E+00	3,51E-02	985
3	3 -- 4			26151	5,96E+07	3,48E-02	906
4	4 -- 5			26151	1,34E+08	3,42E-02	807
5	5 -- 6			26151	2,09E+08	3,34E-02	711
6	6 -- 7		176658	202810	2,20E+08	3,33E-02	696
7	7 -- 8			202810	7,07E+08	3,22E-02	617
8	8 -- 9			202810	9,96E+08	3,14E-02	572
9	9 -- 10			202810	1,29E+09	3,04E-02	528
10	10 -- 11			202810	1,86E+09	2,82E-02	444
11	11 -- 12		176052	378861	1,94E+09	2,79E-02	433
12	12 -- 13			378861	2,87E+09	2,57E-02	367
13	13 -- 14			378861	3,95E+09	2,30E-02	297
14	14 -- 15			378861	4,79E+09	2,10E-02	249
15	15 -- 16		175344	554206	5,16E+09	2,01E-02	228
16	16 -- 17			554206	5,83E+09	1,90E-02	205
17	17 -- 18			554206	6,62E+09	1,77E-02	179
18	18 -- 19			554206	7,41E+09	1,63E-02	154
19	19 -- 20			554206	8,20E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			554206	8,99E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		52586	606791	9,32E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			606791	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			606791	1,16E+10	9,89E-03	62
24	24 -- 25			606791	1,24E+10	8,71E-03	49
25	25 -- 26			606791	1,41E+10	6,40E-03	27
26	26 -- 27			606791	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			606791	1,76E+10	2,04E-03	3
28				606791	1,93E+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	5,48E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,48E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,09E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,03E-05	0
5	5 -- 6				1,48E+06	2,36E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,28E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	1,95E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,80E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,67E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,46E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,44E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,31E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,19E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,12E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,10E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,07E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,04E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,01E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	9,79E-06	0
20	20 -- 21				1,48E+06	9,55E-06	0
21	21 -- 22				9,91E+06	9,47E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	7,59E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	6,53E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	5,55E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	3,83E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	2,36E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	1,10E-06	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	63,03	6,20
3	3 -- 4	17,28	63,75	150,73
4	4 -- 5	27,57	64,75	333,85
5	5 -- 6	39,51	65,85	519,94
6	6 -- 7	69,08	318,20	549,61
7	7 -- 8	81,84	319,22	1314,52
8	8 -- 9	90,02	319,85	1769,86
9	9 -- 10	98,67	320,51	2226,12
10	10 -- 11	117,32	321,89	3141,53
11	11 -- 12	147,94	571,55	3270,33
12	12 -- 13	165,66	572,80	4672,16
13	13 -- 14	187,97	574,33	6306,82
14	14 -- 15	217,86	575,54	7571,68
15	15 -- 16	255,85	822,36	8147,51
16	16 -- 17	267,70	823,04	9134,75
17	17 -- 18	282,23	823,86	10308,17
18	18 -- 19	297,27	824,69	11482,76
19	19 -- 20	312,55	825,51	12658,52
20	20 -- 21	328,59	826,34	13835,46
21	21 -- 22	352,74	947,68	14365,45
22	22 -- 23	382,96	948,99	16499,21
23	23 -- 24	402,83	949,82	17852,11
24	24 -- 25	423,27	950,63	19206,18
25	25 -- 26	465,87	952,21	21917,74
26	26 -- 27	510,75	953,67	24633,61
27	27 -- 28	557,92	954,89	27353,30
28		639,70	956,13	30076,51

)** - 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	27	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	150,73	17,28	106	152,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	333,85	27,57	130	339,5	2389,4	0,14
4	500 / 825	519,94	39,51	126	530,6	3197,9	0,17
5	825 / 1366	549,61	69,08	19	561,6	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1314,52	81,84	102	1334,9	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1769,86	90,02	58	1795,4	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2226,12	98,67	56	2257,3	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3141,53	117,32	107	3185,2	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3270,33	147,94	14	3316,1	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4672,16	165,66	83	4731,7	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6306,82	187,97	88	6383,0	9963,0	0,65
13	1366 / 1750	7571,68	217,86	61	7661,1	12321,4	0,63
14	1366 / 1750	8147,51	255,85	26	8243,6	12990,9	0,64
15	1366 / 1750	9134,75	267,70	30	9238,7	13817,6	0,68
16	1366 / 1750	10308,17	282,23	33	10421,4	14832,4	0,71
17	1366 / 1750	11482,76	297,27	30	11605,1	15883,2	0,74
18	1366 / 1750	12658,52	312,55	28	12789,6	16970,0	0,76
19	1366 / 1750	13835,46	328,59	25	13974,8	18092,8	0,78
20	1750/ 2400	14365,45	352,74	10	14508,3	21002,1	0,70
21	1750/ 2400	16499,21	382,96	34	16655,2	23121,7	0,73
22	1750/ 2400	17852,11	402,83	19	18015,6	24516,8	0,74
23	1750/ 2400	19206,18	423,27	17	19376,8	25952,8	0,75
24	1750/ 2400	21917,74	465,87	27	22101,0	28947,4	0,77
25	1750/ 2400	24633,61	510,75	19	24826,6	32105,5	0,78
26	1750/ 2400	27353,30	557,92	11	27552,5	35427,1	0,79
27	1750/ 2400	30076,51	639,70	4	30278,1	38912,2	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
1450	22,0	65,91	0,81	331	355
1488	22,0	67,64	0,81	325	355
1534	22,0	69,71	0,81	319	355
1588	22,0	72,17	0,81	312	355
1642	22,0	74,63	0,81	305	355
1696	22,0	77,09	0,81	299	355
1750	22,0	79,55	0,81	293	355
1773	25,0	70,92	0,81	315	355
1859	25,0	74,34	0,81	306	355
1913	25,0	76,51	0,81	300	355
1967	25,0	78,67	0,81	295	355
2075	25,0	83,00	0,81	285	355
2183	25,0	87,34	0,81	276	355
2292	25,0	91,67	0,81	268	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	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	1,95	0,37	355	355	0,01
2	500 / 825	37,28	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,40	0,76	355	355	0,17
4	500 / 825	67,78	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,33	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	115,44	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	131,97	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	148,18	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	178,45	1,74	355	355	0,51
10	825 / 1366	166,00	2,07	355	355	0,47
11	825 / 1366	215,67	2,21	355	342	0,61
12	825 / 1366	247,04	2,32	355	323	0,70
13	1366 / 1750	234,35	2,27	355	331	0,67
14	1366 / 1750	231,27	2,56	355	325	0,66
15	1366 / 1750	244,74	2,60	355	319	0,70
16	1366 / 1750	258,34	2,65	355	312	0,74
17	1366 / 1750	268,33	2,70	355	305	0,76
18	1366 / 1750	285,85	2,79	355	299	0,81
19	1366 / 1750	283,05	2,79	355	293	0,81
20	1750/ 2400	248,49	2,59	355	315	0,71
21	1750/ 2400	268,15	2,72	355	306	0,76
22	1750/ 2400	268,56	2,76	355	300	0,77
23	1750/ 2400	272,65	2,81	355	295	0,78
24	1750/ 2400	286,04	2,97	355	285	0,82
25	1750/ 2400	288,91	3,09	355	276	0,83
26	1750/ 2400	289,85	3,21	355	268	0,83
27	1750/ 2400	289,34	3,51	355	261	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

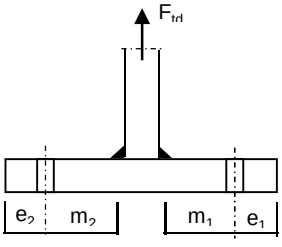
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

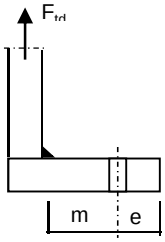
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

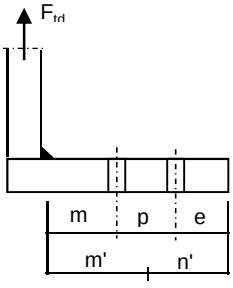
Flenzen en voetplaat:



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		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,36	10,87	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1255,00					
1255,00	32	747,34	17,99	14	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							
2710,00	2040,00	148,2	120,0	120,0			145,7
2710,00	2040,00	148,2	120,0	120,0			193,5
flenzen op 25,0 m hoogte.							
1255,00	1255,0	68,7	60,0	60,0			123,2
1255,00	1255,0	68,7	60,0	60,0			123,2

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	7,81E+07	2107,02	1341,37	1696,90	1341,37	1136,72	0,85
80	1,04E+08	2799,04	1532,57	1696,90	1532,57	1136,72	0,74
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	2121,12	1007,47	747,34	0,74
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	2121,12	1007,47	747,34	0,74
	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	1,13	1,450	0,18	9,13

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	383	1,000		1,000			
2	375	0,981	1 -- 2	0,990	133	207	597,3
3	346	0,904	2 -- 3	0,942	588		257,8
4	309	0,808	3 -- 4	0,856	858		301,1
5	273	0,715	4 -- 5	0,761	995		349,2
6	268	0,700	5 -- 6	0,708	187	1378	3477,8
7	239	0,625	6 -- 7	0,663	1063		442,9
8	222	0,581	7 -- 8	0,603	682		478,8
9	206	0,539	8 -- 9	0,560	720		505,5
10	175	0,458	9 -- 10	0,499	1555		545,5
11	171	0,447	10 -- 11	0,453	230	1422	4131,8
12	147	0,383	11 -- 12	0,415	1477		602,7
13	120	0,315	12 -- 13	0,349	1859		652,4
14	102	0,266	13 -- 14	0,290	1688	803	1132,2
15	94	0,245	14 -- 15	0,256	800	1467	2267,0
16	85	0,221	15 -- 16	0,233	987		822,8
17	74	0,195	16 -- 17	0,208	1211		849,8
18	65	0,170	17 -- 18	0,182	1253		879,2
19	56	0,146	18 -- 19	0,158	1274		893,9
20	48	0,125	19 -- 20	0,136	1337		938,0
21	45	0,117	20 -- 21	0,121	651	337	1646,5
22	33	0,087	21 -- 22	0,102	2518		1119,1
23	27	0,071	22 -- 23	0,079	1656		1162,1
24	21	0,056	23 -- 24	0,064	1704		1195,5
25	12	0,032	24 -- 25	0,044	3550		1245,6
26	5	0,014	25 -- 26	0,023	3740		1312,3
27	1	0,004	26 -- 27	0,009	3930		1379,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4121	2694	2391,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	597	0,990	0,570	0,56	333,90	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,70	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,41	2,44
4 -- 5	349	0,761	2,850	1,65	576,96	2,17
5 -- 6	3478	0,708	0,450	0,23	783,69	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,77	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,17	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,08	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,67	1,42
10 -- 11	4132	0,453	0,400	0,08	338,95	0,18
11 -- 12	603	0,415	2,450	0,42	254,77	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,42	0,99
13 -- 14	1132	0,290	2,200	0,19	210,00	0,64
14 -- 15	2267	0,256	1,000	0,07	148,24	0,26
15 -- 16	823	0,233	1,200	0,07	53,79	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,44	0,30
17 -- 18	879	0,182	1,425	0,05	41,58	0,26
18 -- 19	894	0,158	1,425	0,04	31,81	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,62	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,41	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,15	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,36	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,88	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,87	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,98	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5621,93	17,38

m_e = 5621,9 / 10,7 = 527,0 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	527,0	0,030	1,25	1,450	12,0

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 = 12,0

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 = 17,38 / (4 * π * 10,67) = 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 * 9,13 / $15*10^{-6}$ = 8,8E+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 = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,43 / 17,38 = 0,43

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,083 * 0,130 * 0,43 * 0,2 = 0,028

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,028 = 0,041 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		204148	204148	0,00E+00	5,6E-02	1000
2	2 -- 3			204148	1,16E+08	5,6E-02	968
3	3 -- 4			204148	5,82E+08	5,2E-02	844
4	4 -- 5			204148	1,16E+09	4,6E-02	703
5	5 -- 6			204148	1,75E+09	4,0E-02	580
6	6 -- 7			204148	1,84E+09	3,9E-02	563
7	7 -- 8			204148	2,33E+09	3,4E-02	475
8	8 -- 9			204148	2,62E+09	3,1E-02	429
9	9 -- 10			204148	2,91E+09	2,9E-02	386
10	10 -- 11			204148	3,49E+09	2,5E-02	309
11	11 -- 12			204148	3,57E+09	2,4E-02	299
12	12 -- 13			204148	4,07E+09	2,1E-02	245
13	13 -- 14			204148	4,65E+09	1,7E-02	191
14	14 -- 15			204148	5,10E+09	1,5E-02	155
15	15 -- 16			204148	5,31E+09	1,4E-02	141
16	16 -- 17			204148	5,55E+09	1,3E-02	125
17	17 -- 18			204148	5,84E+09	1,2E-02	107
18	18 -- 19			204148	6,13E+09	1,0E-02	91
19	19 -- 20			204148	6,43E+09	9,3E-03	77
20	20 -- 21			204148	6,72E+09	8,3E-03	65
21	21 -- 22			204148	6,84E+09	7,9E-03	60
22	22 -- 23			204148	7,30E+09	6,6E-03	44
23	23 -- 24			204148	7,59E+09	5,8E-03	35
24	24 -- 25			204148	7,88E+09	5,0E-03	27
25	25 -- 26			204148	8,46E+09	3,6E-03	15
26	26 -- 27			204148	9,04E+09	2,3E-03	6
27	27 -- 28			204148	9,63E+09	1,1E-03	2
28	28 -- 29			204148	1,02E+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	34	0,0412	2,8
2	608	18,0	4784830	122	0,0412	10,0
3	717	18,0	6730689	173	0,0412	14,3
4	825	18,0	9008164	194	0,0412	16,0
5	842	20,0	10367648	177	0,0412	14,6
6	933	20,0	12824815	181	0,0412	15,0
7	987	20,0	14407388	182	0,0412	15,0
8	1042	20,0	16082078	181	0,0412	14,9
9	1150	20,0	19707810	177	0,0412	14,6
10	1165	20,0	20246171	176	0,0412	14,5
11	1258	20,0	23702011	172	0,0412	14,2
12	1366	20,0	28064684	166	0,0412	13,7
13	1450	22,0	34708213	147	0,0412	12,1
14	1488	22,0	36593954	145	0,0412	12,0
15	1534	22,0	38922712	143	0,0412	11,8
16	1588	22,0	41781443	140	0,0412	11,5
17	1642	22,0	44741503	137	0,0412	11,3
18	1696	22,0	47802894	134	0,0412	11,1
19	1750	22,0	50965614	132	0,0412	10,9
20	1773	25,0	59160831	116	0,0412	9,5
21	1859	25,0	65131458	112	0,0412	9,2
22	1913	25,0	69061335	110	0,0412	9,1
23	1967	25,0	73106360	108	0,0412	8,9
24	2075	25,0	81541853	104	0,0412	8,6
25	2183	25,0	90437936	100	0,0412	8,2
26	2292	25,0	99794610	96	0,0412	8,0
27	2400	25,0	109611876	93	0,0412	7,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,13 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 9,13 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 = 45,65 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,14

$V_m(z)$ = 30,7 m/s

V_o = 30,7 * 20 / 100 = 6,14 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,13 * [9,08 / 6,14]^2 * \exp[-(9,08 / 6,14)^2]$ = 2,64E+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.

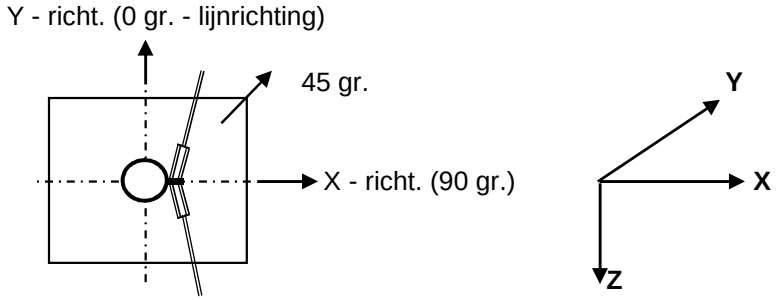
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	12,03	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
4	Lasnaad	17,10	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
5	Lasnaad	19,17	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
7	Lasnaad	17,95	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
9	Lasnaad	17,90	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
10	Lasnaad	17,52	46	25,30	1,000E+10	2,64E+08	0,03
12	Lasnaad	17,00	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
13	Lasnaad	16,41	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
14	flenzen	14,55	35	19,25	1,000E+10	2,64E+08	0,03
16	Lasnaad	14,11	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
18	Lasnaad	13,56	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
20	Lasnaad	13,04	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
22	Lasnaad	11,09	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
23	Lasnaad	10,87	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
24	Lasnaad	10,66	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
25	Lasnaad	10,27	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
26	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
27	Lasnaad	9,54	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
28	voetplaat	9,21	35	19,25	1,000E+10	2,64E+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			538			
2 - Windbelasting mast	87				2048	
3 - Belasting geval 1a	742		51		24018	
4 - Belasting geval 1b	605		51		19347	
5 - Belasting geval 3	932		101		29501	
6 - Belasting geval 4	607		62		19347	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	829		589		26066	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	622		589		19731	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	956		**640**		**30077**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	623		600		19731	

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	25108	kNm	30077	kNm	30077	kNm
Dwarskracht	807	kN	956	kN	956	kN
Verticale kracht	491	kN	640	kN	442	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		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,36	10,87	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	474,96	9,17	28	M 48 - 8,8	848,45	0,56

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 568,4 kN

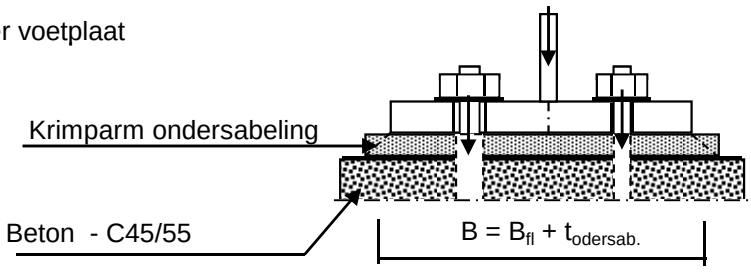
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 475,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 582,9 + 1,00 * 475,0 = 1057,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

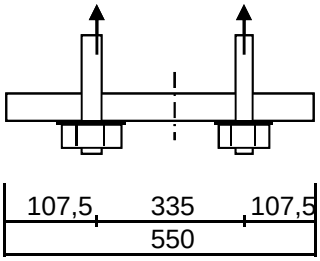
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	575,0	mm	D =	2375	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	615,0	mm			

A_{voetpl} = 615 * 2*π*D / n = 104288 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

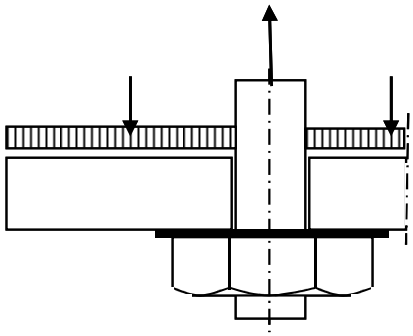


D = 2375 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 550 * 2*π*D / n = 93266 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

$M_{Ed;st}$ = 70423 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2041 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100550 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100550 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2041 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} = 100550 / 108718,8 = 0,92 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2041 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage E en E2

W2E350 TOWER APPENDIX: **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	68688	136052
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	67955	135431
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67054	134724
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9485	18334
	Comp. gl	4038	18295	36694
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74552	157629
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74463	157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74351	157632
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9692	20384
	Comp. gl	4036	19675	41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	101865	212165
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101602	212132
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101270	212105
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25436	52484
	Comp. gl	16332	50543	105783
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73988	156418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73903	156425
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73795	156438
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10885	22942
	Comp. gl	5542	22166	47027
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	65883	133920
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65481	133680
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64984	133416
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8898	17769
	Comp. gl	4038	17701	36296
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74198	157646

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

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	74144	157654
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74074	157665
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9625	20378
	Comp. gl	4036	19597	41693
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100822	212098
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100663	212105
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100462	212121
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25106	52489
	Comp. gl	16332	50153	105847
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73647	156463
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73594	156474
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73526	156489
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10823	22947
	Comp. gl	5542	22092	47043
1a	380C1F1 / 380C2F1	14915	115316	195538
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14914	109592	187640
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14913	102309	177658
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	18647	30755
	Comp. gl	4040	28471	49369
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79591	160342
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78934	159807
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78126	159200
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10730	21165
	Comp. gl	4037	20757	42178
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	117519	223114
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25693	115457	221134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	112918	218837
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30149	55166
	Comp. gl	16333	55676	107411
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78599	158210
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78011	157824
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77286	157393

W2E350 TOWER APPENDIX: **E**

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	11754	23361
	Comp. gl	5542	23115	47233
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	120428	202614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	114241	194052
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	106344	183176
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	19589	32082
	Comp. gl	4040	29632	50982
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80196	160863
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79466	160238
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78570	159526
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10858	21302
	Comp. gl	4037	20885	42278
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	119412	225005
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	117127	222731
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114313	220078
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8085	30705	55645
0	Comp. gl	16333	56264	107772
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79138	158589
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78488	158134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77685	157623
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11857	23443
	Comp. gl	5542	23222	47288
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	57291	111614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56412	110681
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	55337	109599
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8037	15230
	Comp. gl	3028	15048	29731
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61844	130378
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61748	130361
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61627	130347
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7955	16660
	Comp. gl	3027	16105	34029

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

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	91565	190077
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91287	190014
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90940	189953
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24393	50249
	Comp. gl	15319	48378	101141
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62315	131386
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62226	131384
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62112	131386
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9376	19706
	Comp. gl	4531	19052	40349
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	53951	108332
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53479	107944
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	52900	107503
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7333	14412
	Comp. gl	3028	14347	29103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61465	130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61407	130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61334	130343
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7881	16639
	Comp. gl	3027	16021	34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90474	189906
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90309	189900
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90100	189901
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24059	50243
	Comp. gl	15319	47985	101197
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61959	131398
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61904	131405

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

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=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61834	131415
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9311	19705
	Comp. gl	4531	18975	40360
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	110175	184517
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	104003	175660
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	96058	164257
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18140	29667
	Comp. gl	3030	26772	45727
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	67729	134906
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	66938	134084
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65971	133135
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9193	17869
	Comp. gl	3027	17356	34884
3	380C1F1 / 380C2F1	21962	108631	204057
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	106363	201637
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21961	103571	198795
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29249	53235
	Comp. gl	15320	53641	103047
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67444	134289
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	66772	133723
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	65947	133080
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10333	20314
	Comp. gl	4531	20074	40712
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	115641	192354
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	109021	182861
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	100474	170593
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19121	31078
	Comp. gl	3030	28038	47565
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68459	135695
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67578	134747
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66502	133647
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9348	18064

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

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	17510	35039
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	110711	206349
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	108200	203591
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105105	200336
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	29823	53755
0	Comp. gl	15320	54248	103450
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68062	134838
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67316	134179
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66401	133426
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10449	20425
	Comp. gl	4531	20193	40791

W2E350 TOWER APPENDIX: **E2**

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	58112	117124
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57657	116782
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57097	116397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7883	15567
	Comp. gl	3365	15511	31569
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65858	139734
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65800	139737
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65727	139744
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8483	17925
	Comp. gl	3363	17254	36662
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83694	175295
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83521	175276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83302	175263
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19804	41095
	Comp. gl	11555	39485	82939
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62751	133071
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62696	133078
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62625	133089
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9029	19096
	Comp. gl	4367	18452	39231
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56367	115968
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56115	115843
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	55802	115706
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7520	15252
	Comp. gl	3365	15140	31358
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65628	139758
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65592	139764
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65547	139774
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8440	17924
	Comp. gl	3363	17203	36670

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E2**

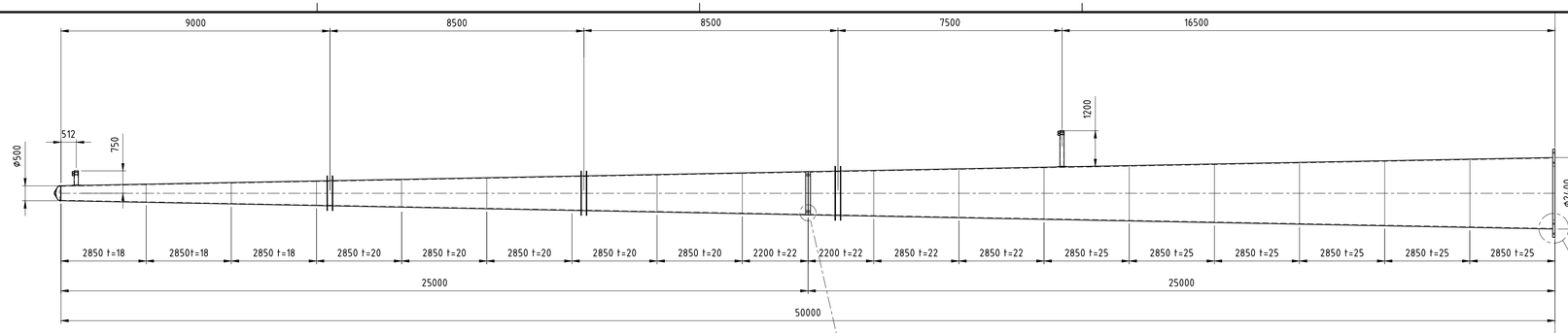
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

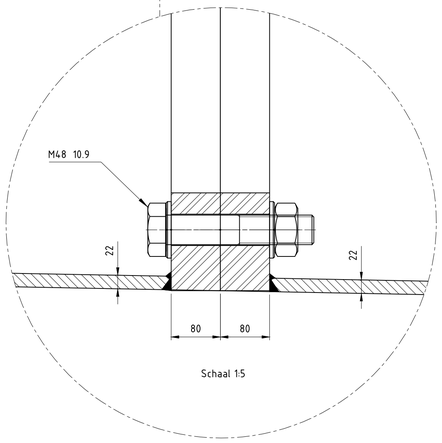
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83006	175264
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82901	175270
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82767	175282
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19582	41093
	Comp. gl	11555	39224	82978
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62528	133109
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62493	133117
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62448	133128
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8988	19100
	Comp. gl	4367	18402	39242
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	88247	154753
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	84395	149409
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	79548	142770
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	13937	23733
	Comp. gl	3366	21990	39368
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69034	141152
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68625	140857
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68121	140526
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9131	18352
	Comp. gl	3363	17938	36912
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	93988	182293
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	92628	181004
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	90956	179517
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5711	23026	43058
	Comp. gl	11556	42966	84154
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65716	134032
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65342	133812
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	64879	133570
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9591	19338
	Comp. gl	4367	19070	39337
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	91715	159600
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	87521	153742

W2E350 TOWER APPENDIX: **E2**

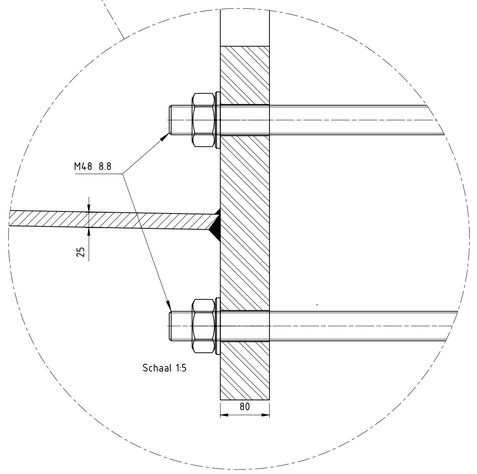
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82226	146423
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14592	24678
	Comp. gl	3366	22761	40438
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69411	141441
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68957	141094
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68398	140703
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9211	18430
	Comp. gl	3363	18018	36966
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	95239	183531
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93729	182043
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	91874	180319
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23411	43407
	Comp. gl	11556	43368	84417
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	66059	134249
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65645	133989
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65134	133699
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9657	19388
	Comp. gl	4367	19139	39369

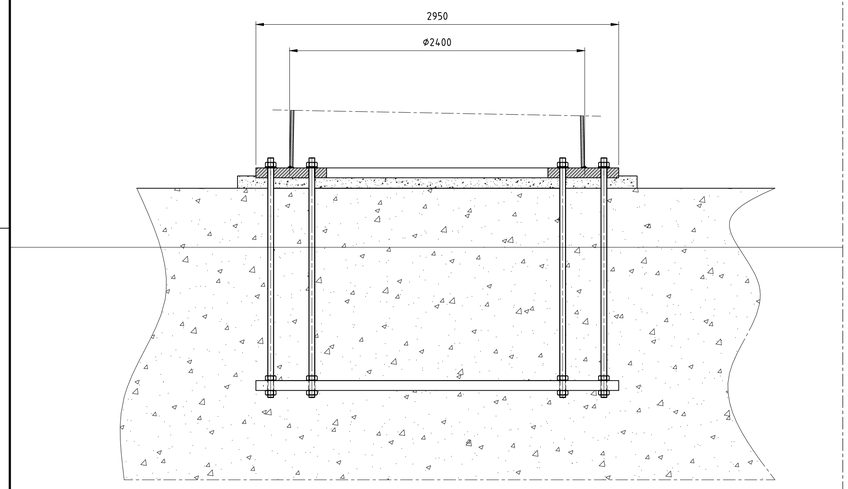




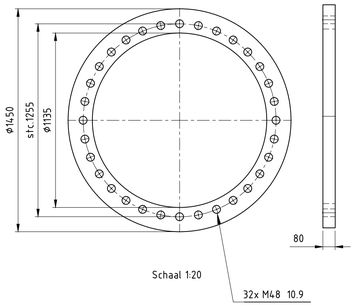
Schaal 1:5



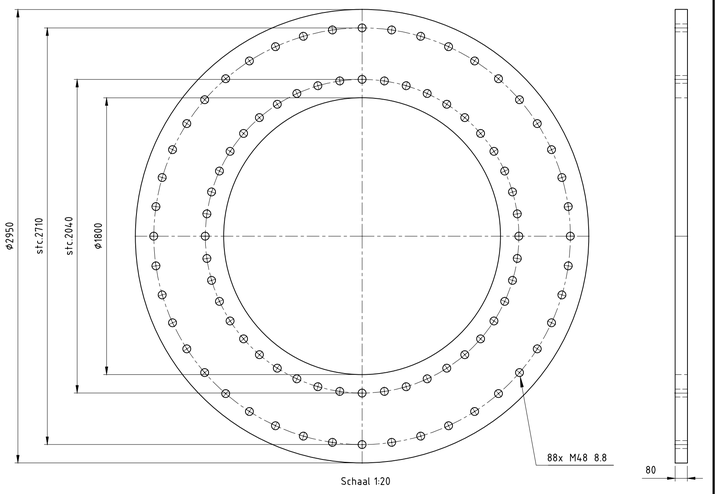
Schaal 1:5



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

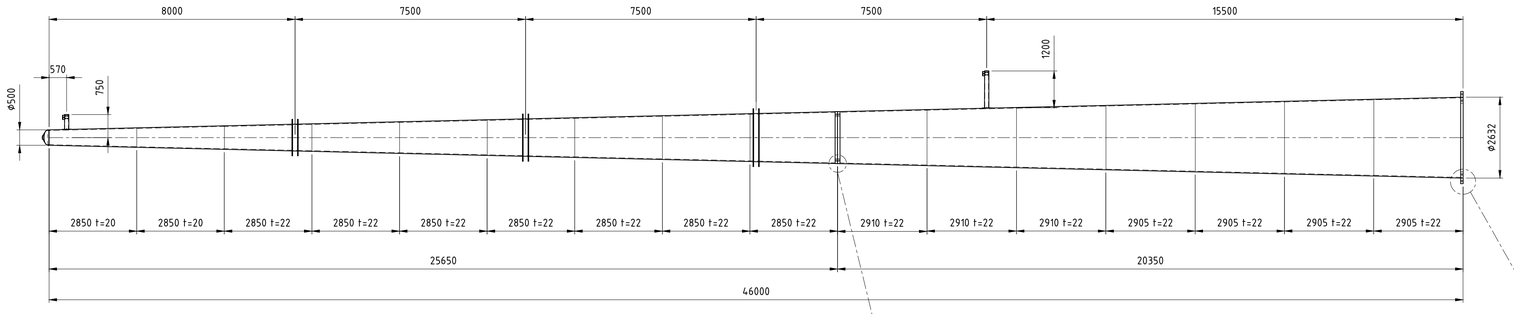
Benaming: Mast type W2E350+0

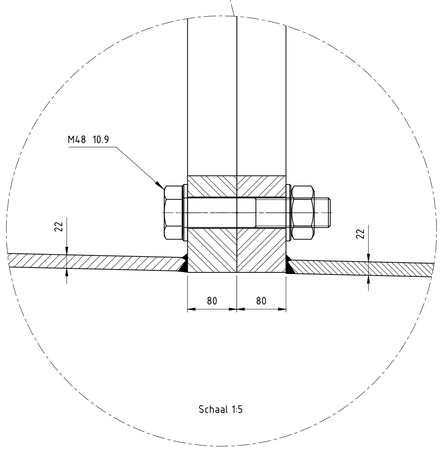
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/02

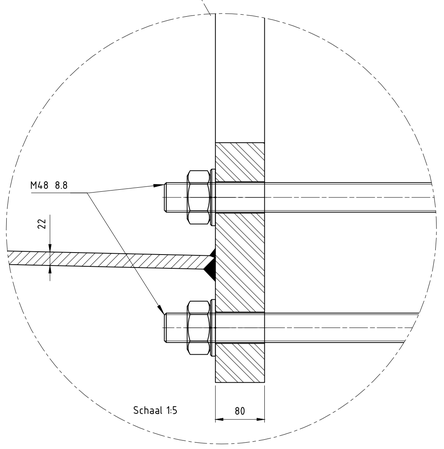
VolkerWessels Telecom
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

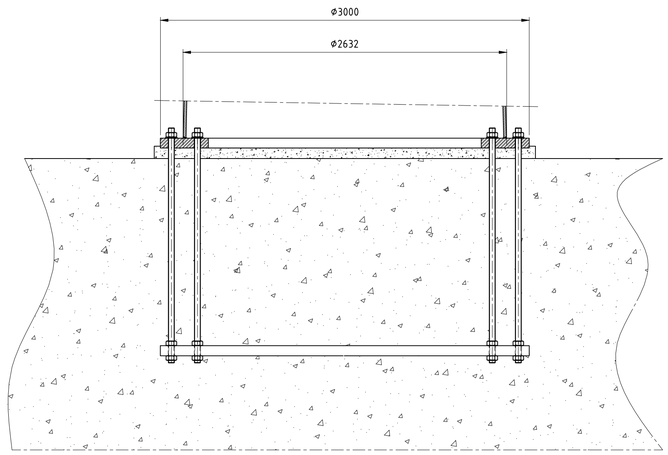




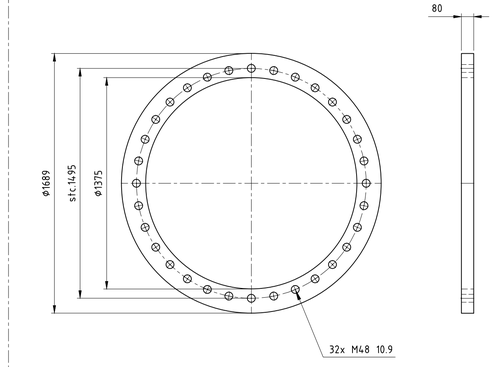
Schaal 1:5



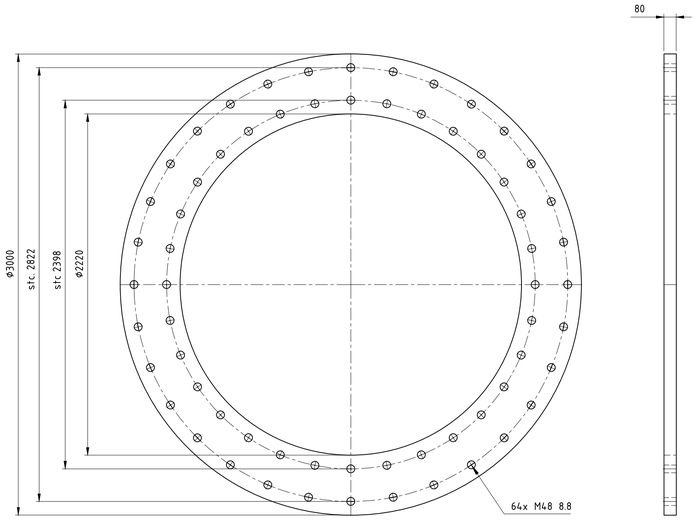
Schaal 1:5



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 W2H300+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

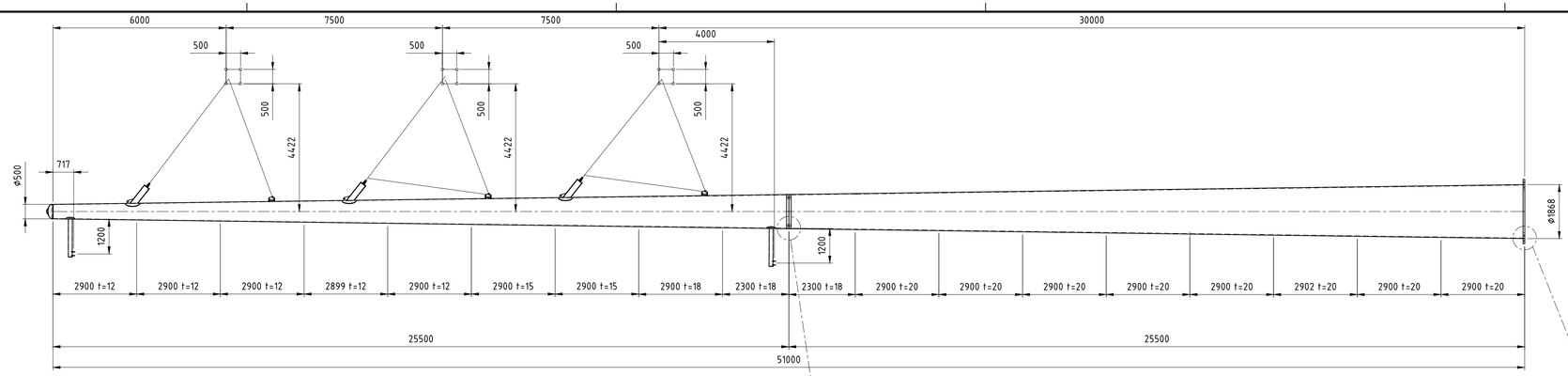
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

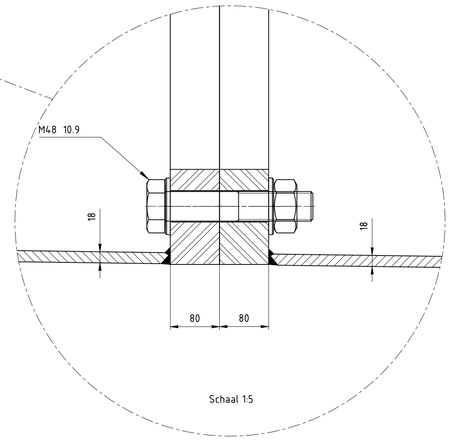
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/09 | A1

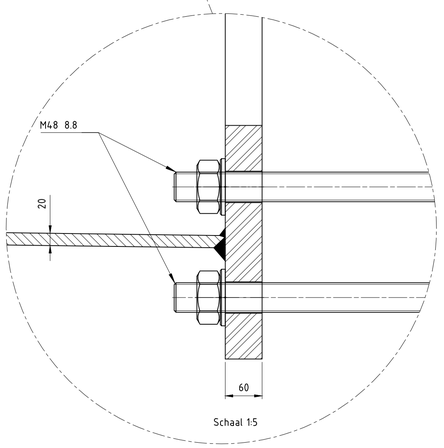
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

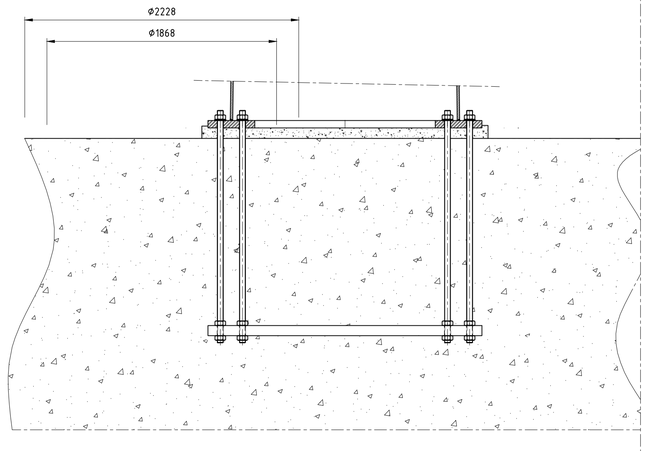


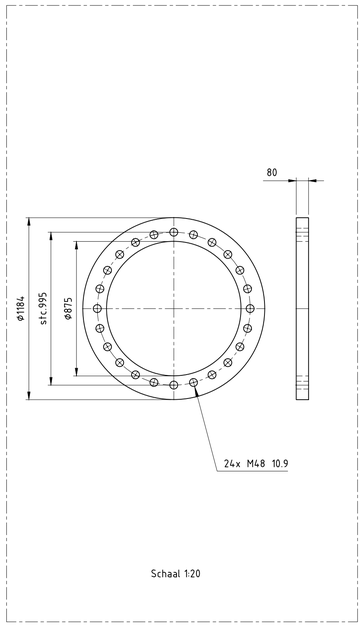


Schaal 1:5

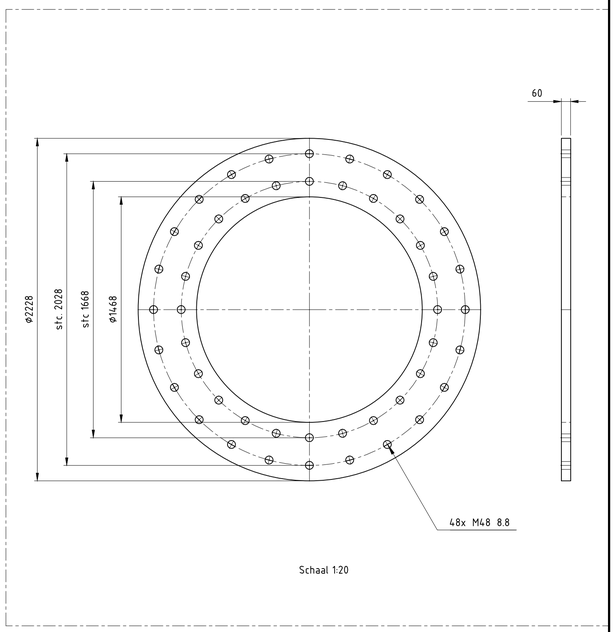


Schaal 1:5





Schaal 1:20



Schaal 1:20

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 W2S300+10

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	
2	03-09-2012	WvL	

Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/14
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
Taking power further

Bijlage 3.2

GH-OMGV lijn

Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties

Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk – Vijfhuizen)

Fundatie Windtrackmasten

Berekening R38.5N poer

Auteur	L.Bouvy
Verificatie	L. Molenbroek
Autorisatie	L. Molenbroek
Kenmerk	2410010-BER-DO-KW-001
Datum	20 augustus 2012
Versie	1.0
Status	Definitief
Bestand	2410010-BER-DO-KW-001 v1.0.doc

Breijn B.V., Grootschalige Infra • Graafsebaan 67, 5248 JT Rosmalen • Postbus 37, 5240 AA Rosmalen • Nederland
Telefoon +31 (0)73 543 64 01 • Fax +31 (0)73 543 64 02 • E-mail info@breijn.nl • www.breijn.nl

Niets van dit rapport en/of ontwerp mag worden vermenigvuldigd, openbaar gemaakt en/of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samensteller.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Doel 4
1.3 Leeswijzer 4

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten 5
2.1 Uitgangspunten 5
2.2 Overzicht R38.5N poeren in het traject 5
2.3 Normen en richtlijnen 5
2.4 Computer programmatuur 5
2.5 Programma van eisen 5
2.6 Materiaal gegevens 5
2.7 Veerconstante funderingspalen 6
2.8 Geometrie 7

3 Belastingen en belastingcombinaties 9
3.1 Belastingsfactoren 9
3.2 Belastingengevallen 9
3.2.1 Eigengewicht poer 9
3.2.2 Eigengewicht grond op poer 9
3.2.3 Grondwater 9
3.2.4 Belasting vanuit de mast 10
3.3 Belasting gevallen en combinaties 10
3.3.1 Invoer belastingen in “Scia Engineer” 11

4 Berekening wapening opstort 13
4.1 Modellering opstort 13
4.2 Dimensionering wapening 15
4.2.1 Benodigde wapening in de opstort 15
4.2.2 Berekening flankwapening 15
4.2.3 Vermoeiingsberekening verticale trekwapening 15

5 Berekening wapening funderingsplaat 16
5.1 Modellering funderingsplaat 16
5.1.1 Algemene beschrijving plaatmodel 16
5.1.2 Schoorstand funderingspalen 16
5.1.3 Spreiding piekkrachten 16
5.1.4 Vervorming poer 16
5.2 Berekening wapening in plaat 17
5.2.1 Buigwapening 18
5.2.2 Dwarskrachtwapening 19
5.2.3 Inleiden paal drukkrachten 20
5.2.4 Inleiden paal trekkrachten 20

6 Berekening wapening funderingspalen 21

7 Samenvatting 22

7.1 Nog te doen in het definitieve ontwerp 22

Bijlage A: Berekening zwaartepunten 23

Bijlage B: Dimensionering wapening opstort 24

Bijlage C: Model funderingsplaat 25

Bijlage D: Berekening wapening plaat 26

Bijlage E: Berekening dwarskrachtwapening 27

Bijlage F: Inleiden paalkrachten 28

Bijlage G: Berekening paalwapening 29

Bijlage H: Geotechnische rapportage 30

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 1.1.

1.2 Doel

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 1.2

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden te lezen. In hoofdstuk 3 zijn de belastingen uiteengezet en in hoofdstuk 4 is de berekening van de wapening te zien.

Indien verwezen wordt naar de bijlage word dat aangeduid met de naam van de bijlage en het bladzijde nummer van de bijlage. Bijvoorbeeld D-5 staat voor badzijde 5 van bijlage D.

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

2.1 Uitgangspunten

De uitgangspunten vermeldt in de uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” dienen als basis voor het ontwerp van de fundatie van de Wintrackmasten.

2.2 Overzicht R38.5N poeren in het traject

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” bijlage B en C.

2.3 Normen en richtlijnen

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.1.

2.4 Computer programmatuur

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.2.

2.5 Programma van eisen

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.5.

2.6 Materiaal gegevens

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.6.

2.7 Veerconstante funderingspalen

De funderingspalen zijn in de grondgevormde palen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur (zie bijlage H). Uit de geotechnische rapportage volgen de volgende verticale punt veerstijfheden.

De verticale veerstijfheid van de paalpunt onder druk is gelijk aan:

$k_{punt,hoog}$ = 1056 MN/m en $k_{punt,laag}$ = 528 MN/m

De verticale veerstijfheid van de paalpunt onder trek is gelijk aan:

$K_{trek,hoog}$ = 264 MN/m en $K_{trek,laag}$ = 132 MN/m

Uit een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat verschillen tussen de hoge en lage veerstijfheden verwaarloosbaar zijn (zie uitgangspuntennota paragraaf 5.2). In verband met de vervorming wordt de lage veerstijfheid aangehouden in de plaatberekening (zie bijlage C).

De horizontale beddingconstante over de lengte van de paal zijn weergegeven in Tabel 1. In het Scia Engineer model is de beddingconstante tot aan de 1ste zandlaag gemodelleerd. Vanaf deze zandlaag is de beddingconstante gelijk gehouden tot aan de onderkant van de funderingspaal. De reden hierachter is dat de momenten in de paal na ongeveer 5 á 10 meter zijn uitgedempt. De lage veerwaarden in de laatste kolom van Tabel 1 zijn verkregen door de veerwaarden uit tabel 1 van bijlage I te vermenigvuldigen met de paal diameter (456 mm) en vervolgens te delen door een factor wortel 2.

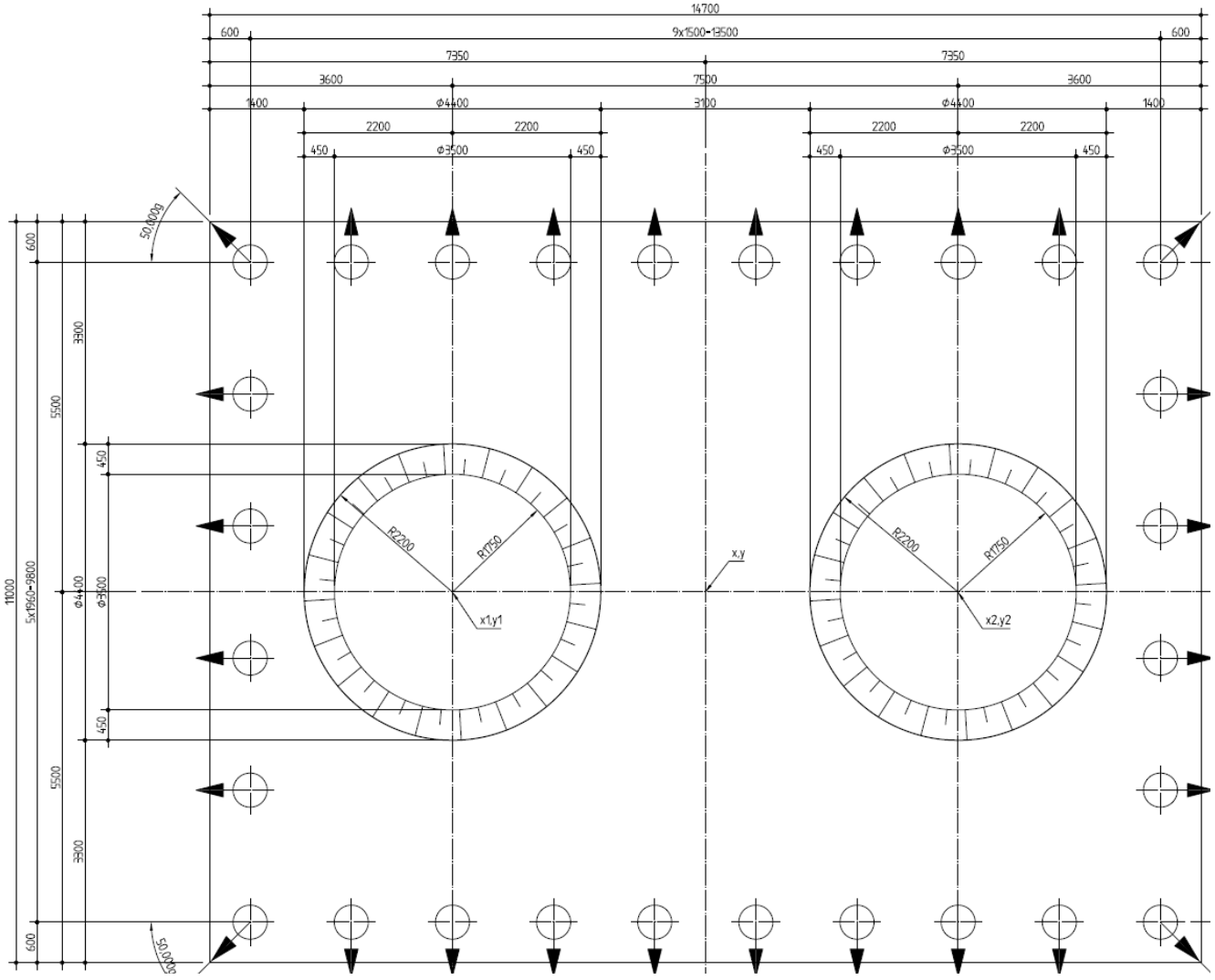
Tabel 1: Horizontale beddingconstante over de hoogte van de paal

	Grondsoort	t.o.v. NAP	t.o.v. B.K. paal	Kh laag [MN/m2]
b.k. paal	KLEI	-4,3	0	2,02
	VEEN	-5,8	-1,5	1,37
	KLEI	-6,1	-1,8	2,52
	ZAND	-8,8	-4,5	11,89
	KLEI	-15,3	-11	2,27
	VEEN	-17,8	-13,5	4,08
	ZAND	-18,3	-14	13,22
	ZAND	-20,7	-16,4	39,64
	ZAND	-22,7	-18,4	14,53
	ZAND	-23,6	-19,3	33,04
o.k.paal	ZAND	-29,3	-25	12,54

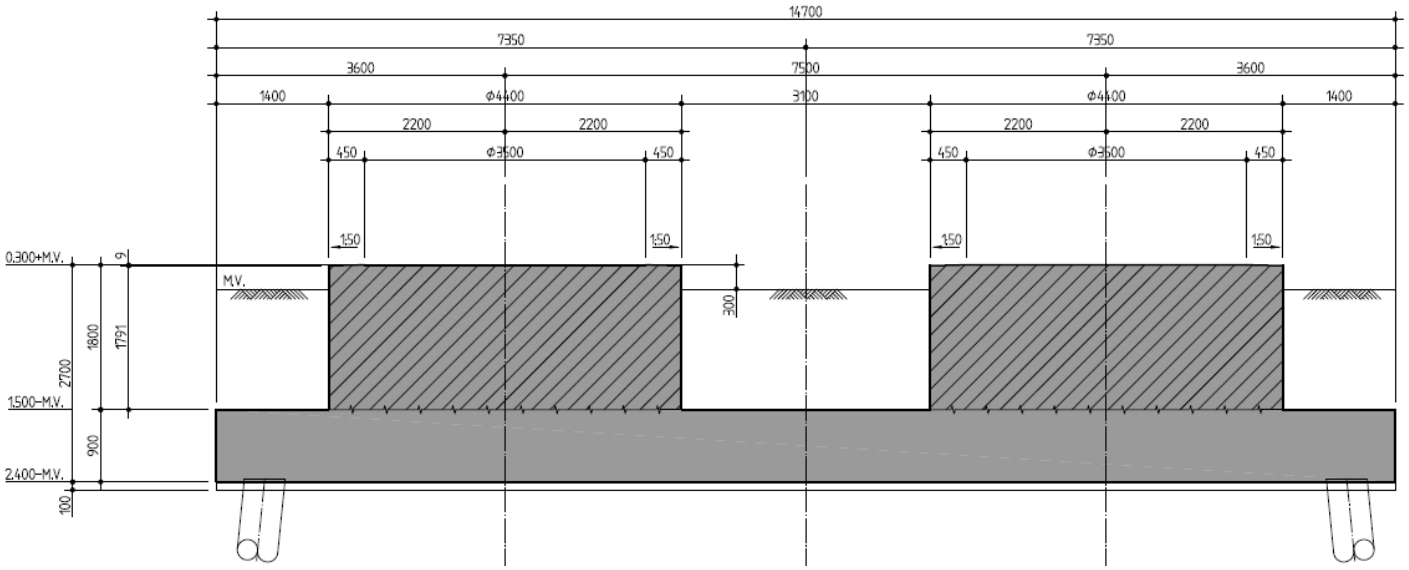
* ***Bovenstaande beddingconstante zijn alleen van toepassing bij locatie 1. Dit is mogelijk niet de maatgevende locatie***.

2.8 Geometrie

De geometrie van de R38.5-poer is te zien in de onderstaande afbeeldingen.



Figuur 1: Bovenaanzicht R-poer



Figuur 2: Doorsnede A-A R-poer

3 Belastingen en belastingcombinaties

3.1 Belastingsfactoren

De belastingsfactoren komen voort uit de NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB. Omdat de variabele belasting maatgevend is (wind), is vergelijking 6.10b van de EN 1990 maatgevend. Deze vergelijking in combinatie met CC 3 resulteert in de volgende partiële factoren voor de belastingen:

γ_G (ongunstig)= 1,3
γ_G (gunstig)= 0,9
γ_Q = 1,65

3.2 Belastingengevallen

3.2.1 Eigengewicht poer

Afmetingen plaat: 14,7 x 11 x 0,9 m^3
Eigengewicht plaat = 14,7 * 11 * 0,9 * 25 = 3638 kN

Afmetingen opstort: Ø4,4 x 1,8 m
Eigengewicht opstort = 0,25 * π * $4,4^2$ * 1,8 * 25 = 684 kN

$F_{v;eg;rep}$ = 3638 + 2 * 684 = 5006 kN

3.2.2 Eigengewicht grond op poer

Oppervlakte poer belast door grond: 14,7 * 11 – 2 * 0,25 * π * $4,4^2$ = 131 m^2

$p_{grond;GWS\ laag;rep}$ = 1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2
$F_{v;grond;GWS\ laag;rep}$ = 131 * 25,5 = 3348 kN
$p_{grond;GWS\ hoog;rep}$ = 0,5 * 17 + 1,0 * 20 = 28,5 kN/m^2
$F_{v;grond;GWS\ hoog;rep}$ = 131 * 28,5 = 3742 kN

3.2.3 Grondwater

Oppervlakte onderzijde poer: 14,7 * 11 = 161,7 m^2.
De grondwaterbelasting werkt tegen de onderzijde van de fundering in opwaartse richting. De neerwaartse component van de grondwaterbelasting aan de bovenzijde van de poer is reeds verwerkt in het eigengewicht van de grond.

$p_{opdrijf;rep}$ = (2,4 – 0,5) * 10 = 19 kN/m^2
$F_{v;opdrijf;rep}$ = 161,7 * 19 = 3072 kN

3.2.4 Belasting vanuit de mast

In onderstaande tabel zijn de opgegeven belastingen vanuit de mast weergegeven. De belastingen komen voort uit de uitgangspunten-nota “2410010-AL-RAP-KW-001”.
Het aangrijpingspunt van deze belastingen ligt in hart mast t.p.v. b.k. fundering. T.g.v. de horizontale kracht dient er dus t.p.v. o.k. fundering een extra moment ($M_{Fh,rep}$) te worden meegenomen.

Tabel 2: Maatgevende belastingen vanuit mast W2H400(+5)

Belasting BGT	**$F_{v;rep}$ [kN]**	**$F_{h;rep}$ [kN]**	**$M_{Fh;rep}$ [kNm]**	**M_{rep} [kNm]**	**$M_{rep,tot}$ kNm]**
Permanent γg=1,0	757	789	789 * 2,7 = 2130	31579	31579 + 2130 = 33709

3.3 Belasting gevallen en combinaties

De belastinggevallen die nodig zijn voor de belastingcombinaties zijn te zien in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht belastinggevallen

Belastinggeval (BG)	Belastingomschrijving
[1]	Eigengewicht constructie
[2]	Grond GWS laag
[3]	Grond GWS hoog
[4]	Grondwater
[5]	Eigengewicht mast
[6]	Moment + horizontale kracht uit de mast in X- richting (0°)
[7]	Moment + horizontale kracht uit de mast in Y-richting (90°)
[8]	Moment + horizontale kracht uit de mast in X-Y-richting (45°)

Voor de berekening van de krachtswerking worden een tweetal maatgevende BGT-combinaties en een tweetal UGT-combinaties getoetst. Één combinatie zorgt voor een maximale drukkracht op de funderingspalen. De andere zorgt voor een maximale trekkracht op de funderingspalen. De BGT combinaties zijn de frequente combinaties welke nodig zijn voor de scheurwijdte toetsing.

Tabel 4: Frequente belastingcombinaties BGT incl. belastingfactoren

Belastinggeval	Omschrijving belastinggeval	BC1: Druk 1	BC2: Druk 2	BC3: Druk 3	BC4: Trek1	BC5: Trek2	BC6: Trek3
[1]	$G_{k,1}$:Eigengewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[2]	$G_{k,2}$:Grond GWS laag	1,0	1,0	1,0			
[3]	$G_{k,3}$:Grond GWS hoog				1,0	1,0	1,0
[4]	$G_{k,4}$:Grondwater				1,0	1,0	1,0
[5]	$Q_{k,1}$: $F_{v,rep}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[6]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-richting)	$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$		
[7]	$Q_{k,1}$: M + F_H (Y-richting)		$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$	
[8]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-Y-richting)			$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$

** $\Psi_{1,gem}$ = 1,0 (uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001” paragraaf 4.4.2)*

Tabel 5: Belastingcombinaties UGT incl. belastingfactoren

Belastinggeval	Omschrijving belastinggeval	BC7: Druk 1	BC8: Druk 2	BC9: Druk 3	BC10: Trek1	BC11: Trek2	BC12: Trek3
[1]	$G_{k,1}$:Eigengewicht	1,3	1,3	1,2	0,9	0,9	0,9
[2]	$G_{k,2}$:Grond GWS laag	1,3	1,3	1,2			
[3]	$G_{k,3}$:Grond GWS hoog				0,9	0,9	0,9
[4]	$G_{k,4}$:Grondwater				1,3	1,3	1,3
[5]	$Q_{k,1}$: $F_{v,rep}$	1,3	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9
[6]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-richting)	$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$		
[7]	$Q_{k,1}$: M + F_H (Y-richting)		$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$	
[8]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-Y-richting)			$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$

** $\gamma_{Q,1}$ = 1,22 (uitgangspuntennota "2410010-AL-RAP-KW-001" tabel 4)*

3.3.1 Invoer belastingen in "Scia Engineer"

De krachtswerking in de vloer van de poer wordt bepaald m.b.v. het programma "Scia Engineer". Hierbij wordt er een plaatberekening gemaakt waarbij de poer inclusief opstort in het computermodel is ingevoerd (dus met verschillende diktes). Om de lasten vanuit de mast conform de vorige paragraaf in te kunnen invoeren zijn deze vertaald naar oppervlaktelasten. Voor het lastoppervlak is het totale oppervlak van de opstort aangehouden omdat de krachten t.p.v. de invoer in het computer model (hart vloer) gespreid zijn. Voor de bepaling van deze in te voeren lasten geldt:

Opstort Ø4400mm

$A_{opstort}$ = ¼ * π * $4{,}400^2$ = 15,205 m^2

$W_{opstort}$ = π/32 * $4{,}400^3$ = 8,363 m^3

A_{plaat} = 14,7 * 11,0 = 161,7 m^2

$F_{v;invoer} = F_v / A$

$M = M + F_h * 2{,}7$

$M_{invoer} = M / W$

De invoer waarden van de belastingen zijn in de tabel hieronder samengevat. Deze invoer waarden zijn terug te vinden op bladzijde C-4-1/30 t/m C-4-3/30. De design waarden van de mastbelastingen kunnen verkregen worden door de belastingen van Tabel 6 te vermenigvuldigen met de belastingsfactoren in Tabel 5. Door de belastingen van Tabel 6 te vermenigvuldigen met de waarden uit Tabel 4 worden de frequente BGT belastingen gevonden.

Tabel 6: Invoerwaarden BGT

Belasting BGT	Berekening	Invoer belasting [kN/m^2]
Moment	= 33709 / 8,363	4030,7
F_v mast	= 757 / 15,205	49,8
F_h mast	=789 / 15,205	51,9
F grond droog	= 25,5	25,5
F grond nat	= 28,5	28,5
F opdrijf	=19	19

In het “Scia Engineer” is het alleen mogelijk de belastingen in te voeren in de X, Y en Z- richting. De verticale belastingen werken in de Z- richting. De Y- richting staat loodrecht op de lange zijde van de poer. De X- richting is evenwijdig op de lange zijde van de poer. Omdat de belastingen uit de mast in alle richtingen op de opstort kunnen aangrijpen moeten de belastingen als ontbonden worden ingevoerd in X en Y- richting zodat de resulterende kracht diagonaal aangrijpt in het X-Y vlak. De ontbonden krachten zijn weergegeven in Tabel 7.

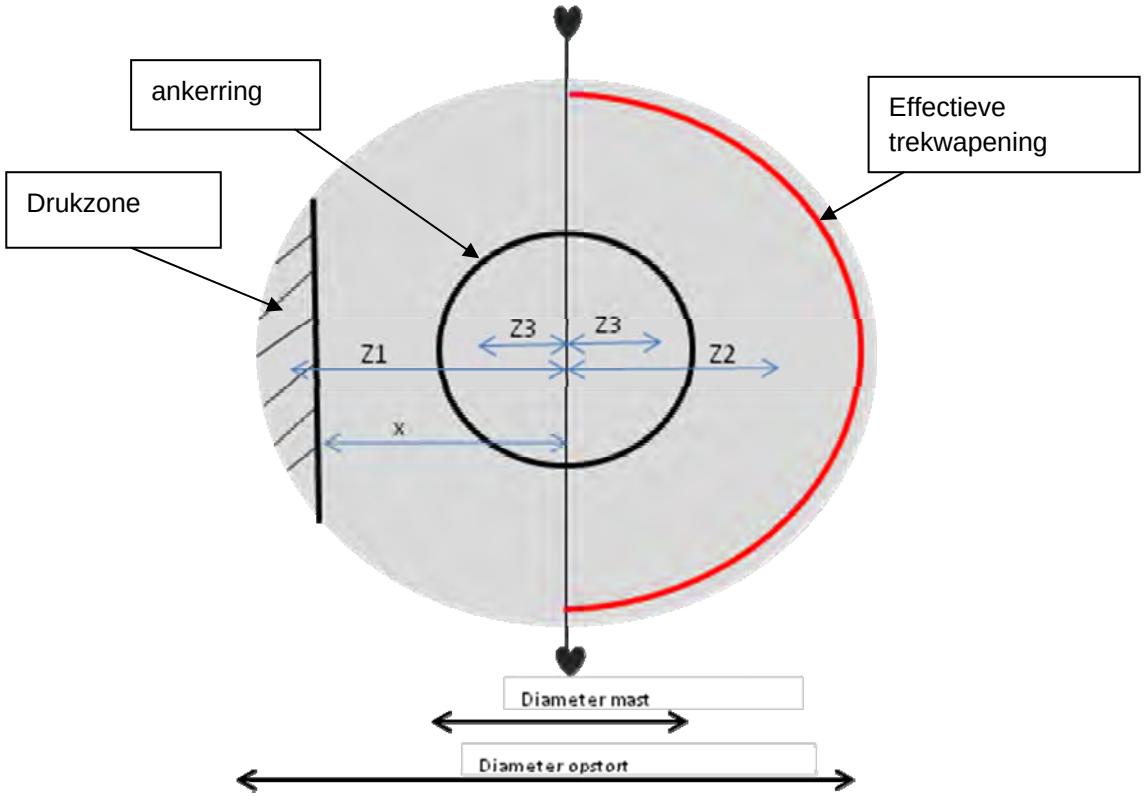
Tabel 7: Invoerwaarden voor diagonale frequente mastbelasting BGT

Belasting UGT	Berekening	Invoer belasting [kN/m^2]
Moment	= 4030,7 / √2	2850
F_h mast	= 51,9 / √2	36,7

4 Berekening wapening opstort

4.1 Modellering opstort

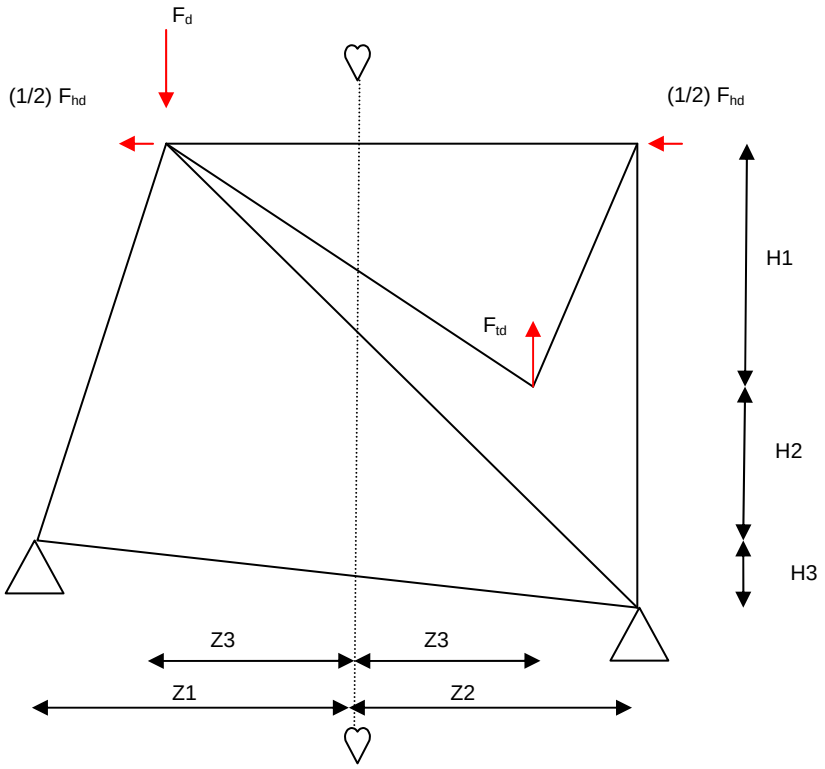
Om de krachtsverdeling in de poer te analyseren t.g.v. het introduceren van de mastkrachten wordt gebruik gemaakt van een 2D vakwerkmodel (Figuur 4). In het 2D model is de 3D opstort platgeslagen om de berekening te vereenvoudigen. In Figuur 3 is een bovenaanzicht van de opstort te zien. Om de transformatie naar het 2D model te maken moeten de zwaartepunten van de effectieve trekwapening, de drukzone en de ankerring waar de krachten uit de mast aangrijpen bepaald worden. De zwaartepunten bepalen namelijk de ligging van de staven in het 2D vakwerkmodel.



Figuur 3: Bovenaanzicht opstort

Z1: Afstand zwaartepunt drukzone tot hartlijn opstort
Z2: Afstand zwaartepunt trekzone (effectieve trekwapening) tot hartlijn opstort
Z3: Afstand zwaartepunt ankerkrachten tot hartlijn opstort
X: Afstand begin drukzone tot hart opstort

Het vakwerkmodel is geschikt om de krachten in de opstort en de onderliggende plaat binnen de diameter van de opstort te beschouwen. Het model is niet geschikt om de krachtswerking buiten de diameter van de opstort te beschouwen. Voor de krachtswerking buiten de opstort zal gebruik worden gemaakt van een plaatmodel (zie hoofdstuk 5).



Figuur 4: 2D-vakwerkmodel v.d. opstort

De zwaartepunten die nodig zijn voor de krachtsverdeling zijn bepaald met de berekening op bladzijde A-1 en A-2 . De afstand van de zwaartepunten t.o.v. de hartlijn bedragen:

Z1 = 1984 mm
Z2 = 1351 mm
Z3 = 1007 mm

De lengtes H1 en H2 zijn:

H1= 1500 mm
H2 = 1000 mm
H3 = 700 mm

De resulterende ankerkrachten F_d en F_{td} zijn berekend op bladzijde A-1 en bedragen:

F_d = 20914 kN
F_{td} = 19930 kN
F_{hd} = 963 kN

4.2 Dimensionering wapening

Het staafkrachten in het vakwerkmodel zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn berekend met “Scia Engineer”. De uitvoer van deze berekening is te zien op bladzijde B-11 t/m B-16. De uitvoer zal gebruikt worden voor het dimensioneren van de wapening in de opstort. De te dimensioneren wapening is de verticale en horizontale wapening in de rand van de opstort en de horizontale wapening in de bovenkant van de opstort. De berekening van de wapening is te zien in bijlage B.

4.2.1 Benodigde wapening in de opstort

De berekening van de benodigde verticale wapening in de rand van de opstort is te zien op bladzijde B-1 t/m B-3. De berekening van de benodigde wapening in de bovenkant van de opstort is te zien op bladzijde B-4 t/m B-6. De wapeningschets van de gehele opstort is te zien op bladzijde B-10.

4.2.2 Berekening flankwapening

Omdat de opstort een grote afmeting heeft kunnen er tijdens de hydratatie van het cement krimpscheuren ontstaat. De flankwapening moet in staat zijn om de optredende krimpscheuren te beperken. De flankwapening is berekend volgens het “roze boek” van v. Breugel met de naam “Betonconstructies onder temperatuur en krimpvervorming”. De berekening van de benodigde flankwapening is te zien op bladzijde B-7 t/m B-9.

4.2.3 Vermoeiingsberekening verticale trekwapening

De vermoeiingsberekening van de wapening zal in een latere fase uitgevoerd worden.

5 Berekening wapening funderingsplaat

5.1 Modellering funderingsplaat

5.1.1 Algemene beschrijving plaatmodel

De krachtsverdeling in de funderingsplaat is bepaald middels het eindige elementen programma “Scia Engineer”. Aan de hand van de berekende krachten in de plaat zal de wapening gedimensioneerd worden. “Scia Engineer” is een eindige elementen programma wat rekent met 1D en 2D elementen. Het model van de funderingsplaat is opgebouwd met 2D elementen. De funderingspalen zijn gemodelleerd middels 1D elementen die horizontaal gesteund worden door een beddingconstante en verticaal door een paalpunt veer (zie paragraaf 2.7). Deze veerstijfheden zijn in een eerder stadium bepaald door de adviseur geotechniek. Het plaatmodel en de rekenresultaten zijn terug te vinden op bladzijde C-2 t/m C-32. De controle van de belasting invoer is te zien op bladzijde C-33 t/m C-43

5.1.2 Schoorstand funderingspalen

De funderingspalen hebben een schoorstand van 10:1. Deze schoorstand is voortgekomen middels een iteratie proces. Het plaatmodel is meerdere malen doorgerekend met verschillende schoorstanden. De resultaten daarvan zijn besproken met de geotechnische adviseur. Vanuit wordt gegaan dat ondank dit proces er nog optimalisaties mogelijk zijn met betrekking tot de schoorstand.

5.1.3 Spreiding piekkrachten

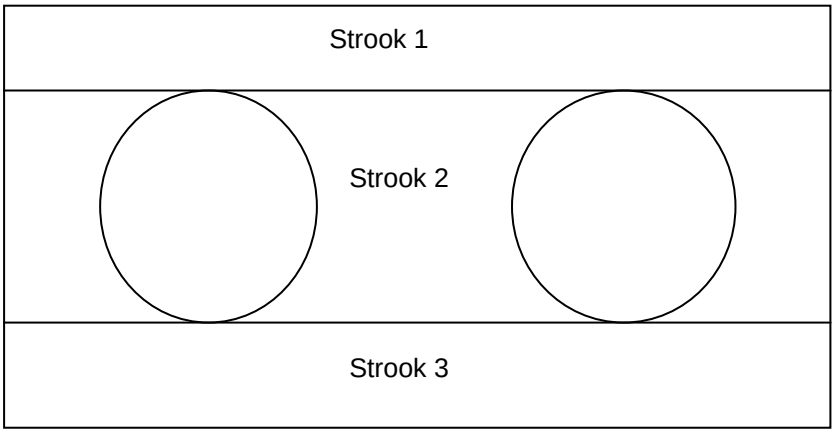
In de Eurocode is geen methode beschreven die omschrijft hoe omgegaan moet worden met piekkrachten in eindige elementen programma’s. Daarin tegen geeft artikel 7.5.3.4 van de NEN6720 (literatuur) een manier om met piekkrachten om te gaan. In het artikel is beschreven hoe een wapeningsbaan (spreidingsgebied) kan worden bepaald. De berekening van het spreidingsgebied is te zien op bladzijde C-1. Uit de berekening volgt dat het spreidingsgebied een breedte heeft van 4,0 m.

5.1.4 Vervorming poer

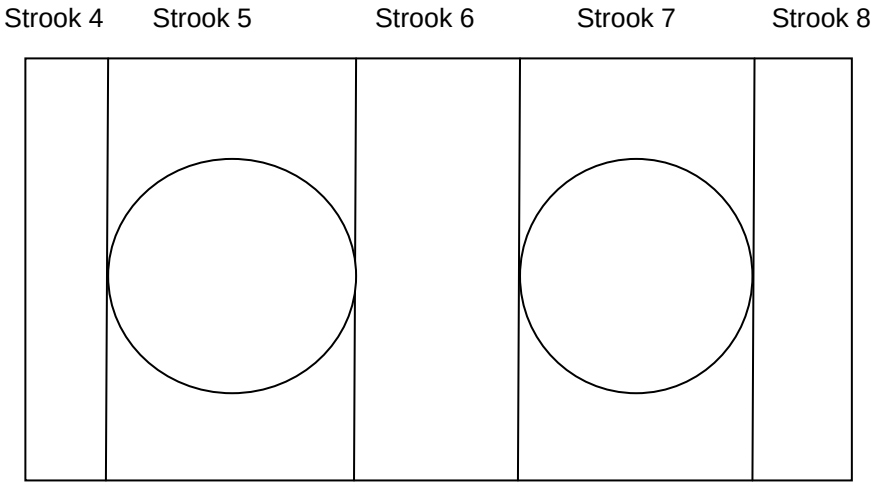
De enige eis die gesteld is betreft vervorming is dat er een maximale hoekverdraaiing van 5 mrad mag optreden. Uit de “Scia Engineer” berekening (bladzijde C-29 en C-30) volgt dat de maximale optredende hoekverdraaiing 3,8 mrad is. Rekening moet worden gehouden dat de maximale vervorming voorkomt uit de karakteristieke belastingcombinatie. De plaat berekening in Scia Engineer is echter gedaan met de frequente belastingcombinatie. Het verschil tussen de karakteristieke belastingcombinatie en de frequente is de factor ψ1. Uit de uitgangspuntennota volgt dat voor de W2H400+5 mast ψ1= 1,0. Dit betekend dat in dit specifieke geval de frequente belastingcombinatie hetzelfde is als de karakteristieke belastingcombinatie.

5.2 Berekening wapening in plaat

T.b.v. van de hoofdwapening is de plaat in een aantal stroken opgedeeld. De onderverdeling van deze stroken zijn in Figuur 5 en Figuur 6 te zien. Per strook zal de wapening bepaald worden.



Figuur 5: Strook verdeling voor wapening in x-richting (lengte richting)



Figuur 6: Strook verdeling voor wapening in y-richting (breedte richting)

5.2.1 Buigwapening

Voor het berekenen van de benodigde wapening is gebruik gemaakt van de standaard “Breijn wapeningssheet”. De berekeningen zijn terug te vinden op bladzijde D-1 t/m D-10. Om scheurvorming t.g.v. het hydratatie proces te beheersen wordt een minimale wapening van Ø16 –100 gehanteerd. De wapening is in alle gevallen berekend voor in de 3de wapeningslaag. Dit i.v.m. het omsluiten door beugels. Als regel geldt dat de beugelwapening 50% van de hoofdwapening moet omvatten. De wapeningschets van de buigwapening in de plaat is te zien op bladzijde D-11. Voor de scheurwijdte beheersing mag de maximaal toelaatbare scheurwijdte conform tabel 7.1N van de NEN-EN 1992-1-1+C2+NB verhoogd worden met de factor C/C_{min}. De minimaal vereiste dekking afhankelijk van milieuklasse XC4 is 30 mm (zie uitgangspuntennota). De toegepaste is 50 mm.

Onderwapening in x-richting

Onderwapening strook 1 en 3
Md = 936 kNm/m
Mrep = 751 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø16 –100 + 4^{e} laag Ø12 –100 ➔ As = 3142 mm^2/m

Onderwapening strook 2
Md = 2750 kNm/m
Mrep = 2237 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø25 –100 + 4^{e} laag Ø25 –100 ➔ As = 9817 mm^2/m

Bovenwapening in x-richting

Bovenwapening strook 1 en 3
Md = 418 kNm/m
Mrep = 279 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø16 –100 ➔ As = 2011 mm^2/m

Bovenwapening strook 2
Md = 1827 kNm/m
Mrep = 1385 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø20 –100 + 4^{e} laag Ø20-100 ➔ As = 4021 mm^2/m

Onderwapening in y-richting

Onderwapening strook 4 en 8
Md = 1513 kNm/m
Mrep = 1225 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø16 –100 + 3^{e} laag Ø20 –100 ➔ As = 5152 mm^2/m

Onderwapening strook 5 en 7
Md = 3107 kNm/m
Mrep = 2508 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø20 –100 + 3^{e} laag Ø32 –100 ➔ As = 11184 mm^2/m

Onderwapening strook 6
Md = 1386 kNm/m
Mrep = 1111 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø16 –100 + 3e laag Ø20 –100 ➔ As = 5152 mm^2/m

Bovenwapening in y-richting

Bovenwapening strook 4 en 8
Md = 1056 kNm/m
Mrep = 791 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø12 –200 + 3e laag Ø16 –100 ➔ As = 3142 mm^2/m

Bovenwapening strook 5 en 7
Md = 1942 kNm/m
Mrep = 1416 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø16 –100 + 3e laag Ø25 –100 ➔ As = 6919 mm^2/m

Bovenwapening strook 6
Md = 668 kNm/m
Mrep = 437 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø12 –100 + 3e laag Ø12 –100 ➔ As = 2262 mm^2/m

5.2.2 Dwarskrachtwapening

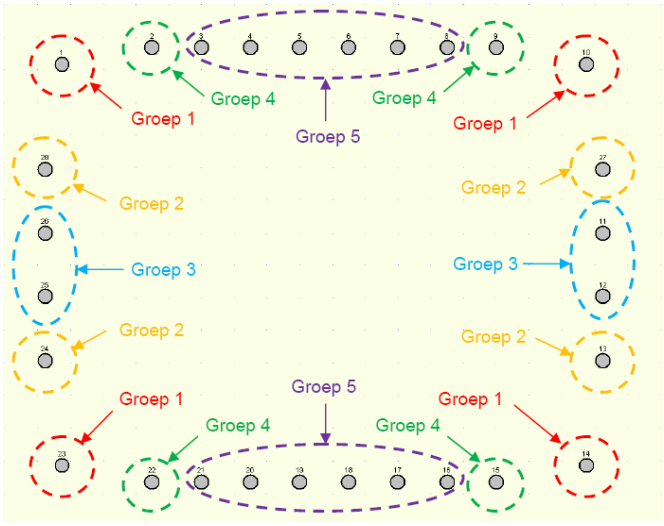
Voor het berekenen van de benodigde dwarskrachtwapening is gebruik gemaakt van de standaard “Breijn wapeningssheet”. De berekeningen zijn terug te vinden op bladzijde E-1 t/m en E-4. De wapeningschets van de dwarskrachtwapening is te zien op bladzijde E-5. In de berekening is de hoek van de drukdiagonaal θ = 45°. De dwarskrachtcapaciteit van de ongewapende doorsnede is 479 kN/m^1. De gebieden waarin deze waarde wordt overschreden is dwarskrachtwapening vereist. De dwarskrachtwapening dient minimaal 50 % van de hoofdwapening te omvatten conform de NEN-EN 1992.

Dwarskrachtwapening zone 2
Vd = 1929 kN/m^1 ➔ 2 beugels per m^1 breedte Ø20 h.o.h. 200 mm. De beugels dienen conform de Eurocode minimaal 50% van de buigtrekwapening in de x-richting te omsluiten.

Dwarskrachtwapening zone 5 en 7
Vd = 1584 kN/m^1 ➔ 2 beugels per m^1 breedte Ø20 h.o.h. 240 mm. De beugels dienen conform de Eurocode minimaal 50% van de buigtrekwapening in de x-richting te omsluiten.

5.2.3 Inleiden paal drukkrachten

In Figuur 7 is een overzicht van de funderingspalen te zien. De funderingspalen zijn ingedeeld in 5 groepen. Hiervoor is gekozen omdat de belastingen (blz C-10) en de grondeigenschappen (afmeting kluit en paalgroep werking) per palengroep varieert.



Figuur 7: Overzicht paalgroepen

De vloer moet instaat zijn om de drukkrachten vanuit de funderingspalen te kunnen introduceren. De toetsing t.b.v. het inleiden van de krachten is te zien op bladzijde F-1 en F-2. In de berekening is de plaat t.p.v. van groep 1, 3 en 5 getoetst omdat de palen in deze groep de hoogste drukbelasting ondergaan. Van belang is om de hoek van de drukdiagonaal het zelfde te kiezen als bij de toetsing van de dwarskrachtwapening welke gelijk is aan $\theta = 45°$.

5.2.4 Inleiden paal trekkrachten

De vloer moet in staat zijn om de trekkrachten vanuit de funderingspaal te introduceren. Om de capaciteit van de vloer te berekenen is gebruik gemaakt van een omgekeerde ponskegel. De berekening van de t.b.v. het inleiden van de krachten is te zien op bladzijde F-3 t/m F-6. In de berekening is de plaat t.p.v. groep 1 en 5 getoetst. Dit in verband met de hoogste optredende paal trekkrachten. Uit de berekening volgt dat per funderingspaal 3 haarspelden Ø20 moeten worden aangebracht. Dit dient zo te gebeuren dat deze om de bovenwapening ligt en voldoende overlappingslengte heeft met de stekwapening. De poten van de haarspelden dienen een lengte te hebben van 700 mm.

6 Berekening wapening funderingspalen

De paalfundering bestaat uit Vibropalen met getrokken buis. In deze paragraaf wordt de benodigde wapening voor de insitu paal gedimensioneerd. De berekening van de funderingspaal is te zien op bladzijde G-1 t/m G-8. De berekening van het kopnet bevat buigwapening en dwarskrachtwapening. De bijbehorende wapeningschets is te zien op bladzijde G-9. De maatgevende funderingspaal is de paal die de hoogste normaal trekkracht ondergaat.
Uit de berekening volgt dat de langswapening over de hele lengte hetzelfde is. Dit is omdat de trekkrachten in de palen hoog zijn. Dwarskracht wapening is nodig over de bovenste 10 meter van de paal omdat de dwarskracht na ongeveer 8 meter is uitgedempt en de funderingspaal geen eigencapaciteit heeft vanwege de optredende trekkracht. Over de rest van de paallengte is praktische beugelwapening nodig om de wapeningskorf bijeen te houden. De wapening moet tot 500 mm vanaf de paalpunt reiken.

7 Samenvatting

Ten behoeve van het project Tennet: “380 kV Noordring noord” is in dit rapport het ontwerp voor de R-poer gemaakt. In de berekening is specifiek rekening gehouden met:

- Inleiding ankerkrachten van de ankerkooi;
- Dimensionering van de wapening in de opstort t.b.v. het plaatsen van de ankerkooi;
- Scheurvorming t.g.v. hydratatie krimpen;
- Vermoeiing van de wapening (in later stadium);
- Inleiden van paalkrachten in de vloer;

De wapening schetsen van de wapening in de opstort (blz B-10), vloer (blz D-11 en E-5), paalwapening vibropalen (blz G-9) dienen als basis voor de uiteindelijke wapeningstekening, vormtekening en palenplan.

7.1 Nog te doen in het definitieve ontwerp

In het definitieve ontwerp dienen de volgende onderwerpen nader bepaald te worden:

- Vermoeiingsberekening van de wapening;
- Optimalisatie van de schoorstand en de lengtes van de funderingspalen;
- Bepalen van generieke bedding en paalveer constanten voor alle poeren.
- Detaillering van de beugelwapening. Dit i.v.m. de tegenstrijdige eisen gesteld in de Eurocode en de ARBO.
- Optimaliseren detaillering wapening in de plaat i.v.m. uitvoerbaarheid en verdeling over de 1^e en 3^e laag respectievelijk de 2^e en 4^e laag.
- Optimalisatie wapening funderingspalen. Reductie op de paalwapening is mogelijk indien de paalwapening per paalgroep beschouwd wordt i.p.v. de maximaal belaste funderingspaal.
- Controle projectspecifieke spreadsheets (nu alleen gevalideerd voor deze berekening m.b.v. handberekening).
- Toevoegen wapeningsberekeningen voor de situatie met brak water (extra milieuklasse XS1).

Bijlage A: Berekening zwaartepunten

Bepaling zwaartepunten

Input

R poer	2200	mm (zie uitgangspuntennota)
R mast	2564	mm (zie uitgangspuntennota)
fcd	30	N/mm2
c	50	mm
γ_{var}	1,22	(zie uitgangspuntennota)
γ_{per}	1,3	(zie uitgangspuntennota)

Belastingen BGT

M,rep	33709	kNm
Fv,rep	757	kN
Fh,d	789	kN

Belastingen UGT

M,d	41125	kNm	M,d= M,rep*γ_{var}
F,vd	984	kN	Fv,d= Fv,rep*γ_{per}
F,hd	963	kN	Fh,d= Fh,rep*γ_{var}

Bepaling Z1

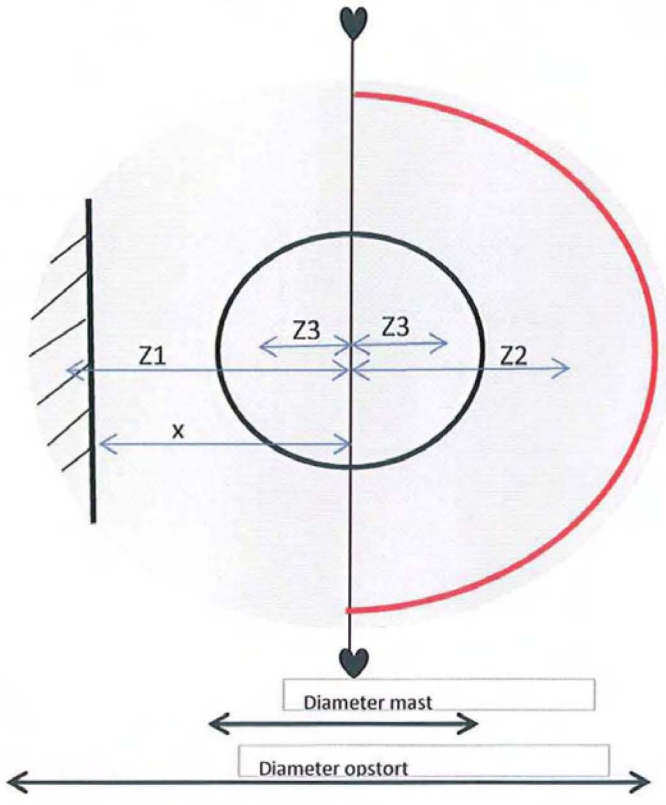
x	1839	mm	Bepaald middels iterratie
Ac	591475	mm2	(functie Ac zie blz A-2)
Sy	1173762752	mm3	(functie Sy zie blad 2)
Z1	1984	mm	(functie Z1 zie blz A-2)
xu	361	mm	Hoogte drukzone
Ac nodig	591795	mm2	$Acnodig = \frac{Md}{0.75 \cdot fcd \cdot (Z1 + Z2)} + \frac{Fv}{0.75 \cdot fcd}$

Bepaling Z2

Øk,flank	16	mm	
Øk	25	mm	
$R_{wapening}$	2122	mm	$R_{wapening}$ = R poer - c- $Øk_{,flank}$ 0,5*Øk
Z2	1351	mm	(functie Z2 zie blz A-2) Z2 = 0,6366* $R_{wapening}$

Bepaling Z3

Z3	1007	mm	(functie Z3 zie blz A-2) Z3= π * Rmast / 4



Berekening resulterende ankerkrachten UGT

Fd	20914	kN
Ft	19930	kN
Fh	963	kN

$$Fd = \frac{Fv}{2} + \frac{Md}{2 \cdot Z3}$$

$$Ft = \frac{-Fv}{2} + \frac{Md}{2 \cdot Z3}$$

Vergelijking cirkel
$y := 2 \cdot \mathrm{sqrt}(R^2 - x^2);$

$$2\sqrt{R^2 - x^2}$$

Oppervlakte cirkel
$Ac := 0.5 \cdot \mathrm{pi} \cdot R^2 - int(y, x);$

$$0.5\,\pi R^2 - x\sqrt{R^2 - x^2} - R^2 \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{R^2 - x^2}}\right)$$

Bepaling zwaartepunt druktone
$Sy := int(x \cdot y, x);$

$$-\frac{2}{3}(R - x)(R + x)\sqrt{R^2 - x^2}$$

$Sy1 := int(x \cdot y, x = XU..r);$

$$\frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,R^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,XU^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,R^2 + \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,r^2$$

$Z1 := \frac{Sy}{Ac};$

Zwaartepunt halve cirkellijn (Bepaling Z2)

$R := 2200;\ C := 0;$

$$2200$$
$$0$$

$y := \mathrm{sqrt}(R^2 - (x)^2);$

$$\sqrt{4840000 - x^2}$$

Lengte over halve cirkel:
$L := int(\mathrm{sqrt}(1 + (diff(y, x))^2), x = -R..C);$

$$1100\,\pi$$

$My := int(x \cdot \mathrm{sqrt}(1 + (diff(y, x))^2), x = -R..C);$

$$-4840000$$

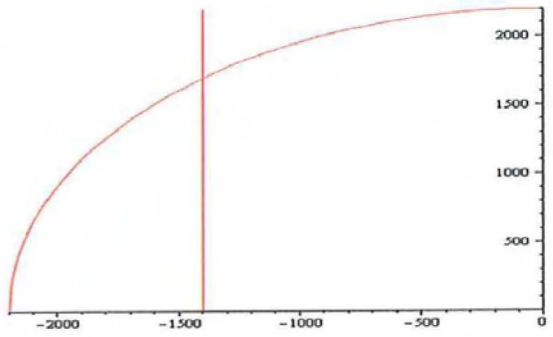
$Z2 := evalf\left(\frac{My}{L}\right);$

$$-1400.563499$$

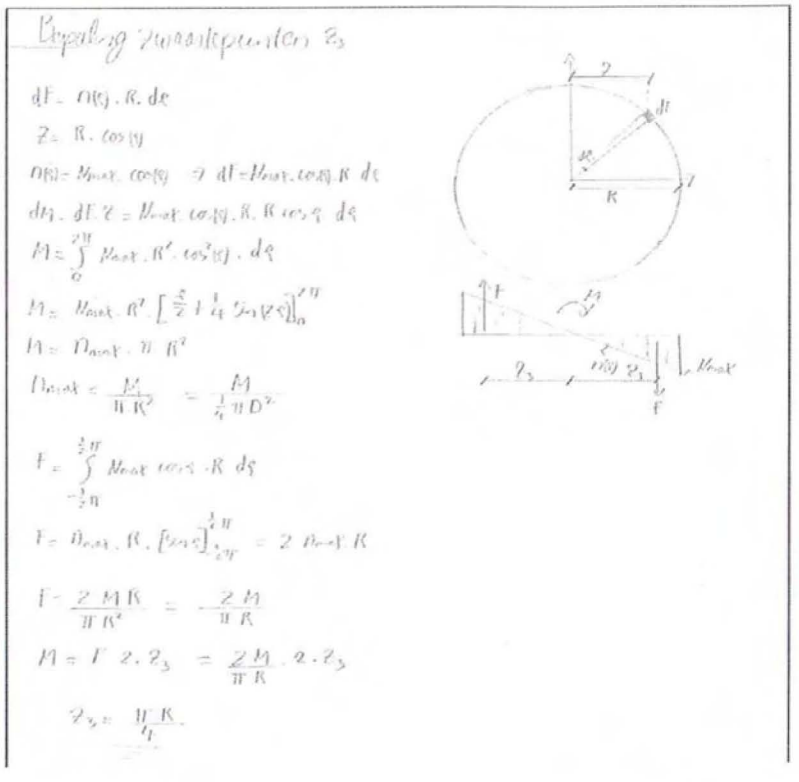
analytische contole zwaartepunt bij integratie van een kwart cirkel. Dus van -R tot 0.
$z2 := -0.6366 \cdot R;$

$$-1400.5200$$

$P4 := plot([[Z2, 0], [Z2, R]]):$
$display((P1, P4));$



* De neutraallijn is de Y-as



Bijlage B: Dimensionering wapening opstort

Dimensionering wapening opstort

Verticale wapening UGT

$N_{dt} = 16637\ kN$

$A_{sd} = \frac{N_d}{f_{yd}} = \frac{365 \cdot 10^3}{435} = 38246\ mm^2$

Keure wapening $48\phi32 + 24\phi32$ $A_s = \frac{48}{4}\pi \cdot 32^2 + \frac{24}{4}\pi \cdot 32^2 = 57906\ mm^2$ in halve cirkel

Staafafstand $s_1 = (\pi \cdot 2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/48 = 139\ mm$ $s_2 = (\pi \cdot 2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/24 = 277\ mm$

$A_s = \frac{1000}{139} \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot 32^2 + \frac{1000}{270} \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot 32^2 = 8703\ mm^2/m'$

Toetsing verticale wapening in de BGT

$\gamma_n = 1{,}22$ (zie uitgangspuntennota)

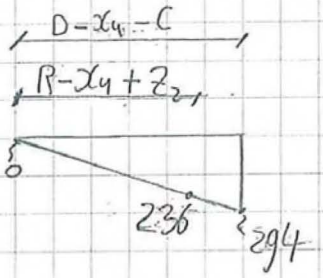
De staalspanning in het zwaartepunt Z_2 is gelijk aan:

$\sigma_s = \frac{f_{yd} \cdot A_{sd}}{\gamma_n \cdot A_s} = \frac{435 \cdot 38246}{1{,}22 \cdot 57906} = 236\ N/mm^2$

De staalspanning in de buitenste wapening is gelijk aan:

$\sigma_{s,max} = \frac{\sigma_s \cdot (D - x_u - C)}{(R - x_u + Z_2)} = \frac{236 \cdot (4400 - 361 - 50)}{(2200 - 361 + 1351)} = 294\ N/mm^2$

- σ_s: frequente staalspanning want $\psi_1 = 1{,}0$ bij hoekmasten
- D: waarde x_u zie sheet bepaling zwaartepunt
- x_u
- C
- Z_2



$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} > 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

7.0.7

$k_3 = 3,4$
$k_4 = 0,425$
$k_1 = 0,8$
$k_2 = 0,5$
$\phi = 25$ mm

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b_{eff} \cdot h_{eff}} = \frac{18703}{1000 \cdot 285} = 0,031$$

$b_{eff} = 1000$ mm

$h_{eff} = \min[2,5(h-d); (h-x)/3; h/2] = \min[285; 4136; 2200] = 285$ mm

$h = 4400$ mm
$d = 4400 - 50 - 16 - 32/1,5 = 4286$ mm
$x = x_4 = 361$ mm

$$s_{rmax} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 32/0,031 = 348 \text{mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{294 - 9,4 \cdot \frac{3,d}{0,031} \cdot \left(1 + \frac{2,0 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^4} \cdot 0,03\right)}{2,0 \cdot 10^5} = 0,00125$$

$w_k = 348 \cdot 0,00125 = 0,43$mm

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{30} = 0,5$ mm

$w_{max} > w_k \rightarrow$ Voldoet.

Berekening verticale wapening opstort

Input

R poer	2200	mm			
Yn	1,22		Zie uitgangspuntennota		
Xu	361	mm	(zie blz A-1)		
Z2	1351	mm	(zie blz A-1)		
c	50	mm			
cmin	30	mm			
d	4286	mm	$d = 2^*$ R poer - c - $Øk_{,flank}$ - 1,5* $Ø_k$		
f_{yd}	435	N/mm^2	$f_{ct,eff}$	3,8	N/mm^2
E_s	200000	N/mm^2	E_{cm}	36000	N/mm^2

Belastingen

Nd	16637	kN	(uit staafmodel)

Keuze wapening buitenste wapening ring			**Keuze wapening binnenste wapening ring**		
Øk	32	mm	Øk	32	mm
n	48	stk. Per halve opstort	n	24	stk. Per halve opstort
As1	38604	mm^2 / Halve opstort	As2	19302	mm^2 / Halve opstort
s	139	mm s = n/ (R poer-c -Øflank-Øk)	s	277	mm
As1	5802	mm^2 / m	As2	2901	mm^2 / m

Totale wapening

As,tot	57906	mm^2	(As1+As2)	As,tot	8703	mm^2/m (As1+As2)

Toetsing wapening UGT

Asd	38246	mm2 / Halve opstort	Nu = fyd * As2
U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Nd/ Nu

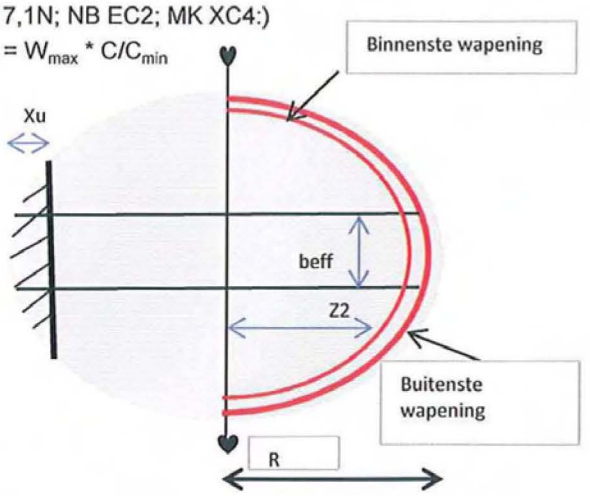
Scheurwijdte toetsing

$\psi_{1,gem}$	1		$\psi_{1,gem}$ =1,0 voor hoekmasten en 0,8 voor steunmasten
Gs1	236	N/mm^2	Gs1 = (fyd * Asd)/(Yn * As2)
Gs2	294	N/mm^2	Gs2 = $\psi_{1,gem}$* [Gs1* (2*R- xu - c)] / (R -xu+ Z2)

k1	0,8		k3	3,4
k2	0,5		k4	0,425
Beff	1000	mm		
Heff	285	mm	Heff = MIN(2,5*(2*R-d);(h-Xu)/3;(h/2))	
$\rho_{p,eff}$	0,031		$\rho_{p,eff}$ = As,tot/ (Beff * Heff)	
k_t	0,4			

$S_{r,max}$	348	mm	$S_{r,max}$ =k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0,0012		(zie formule onder aan bladzijde)
W_k	0,411	mm	$W_k = S_{r,max}$* ($\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$)
W_{max}	0,300	mm	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
W_{kmax}	0,500	mm	$W_{kmax} = W_{max} * C/C_{min}$
U.C.	0,82	Voldoet	

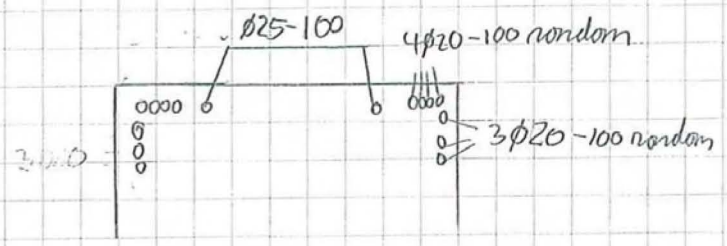
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6\,\frac{\sigma_s}{E_s}$$



Berekening horizontale wapening b.k. opstort

$N_d = 3657$ kN → uitvoer staafwerkmodel kh B-15

$A_{sd} = \frac{3657 \cdot 10^3}{435} = 8407\ mm^2$



$A_{s,1} = 6 \cdot \frac{1}{4} \pi\ 20^2 = 1884\ mm^2$

$A_{s,2} = 8 \cdot \frac{1}{4} \pi\ 20^2 = 2513\ mm^2$

$A_{s,3} = \frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 4908\ mm^2$

$A_{s\,tot} = 9305\ mm^2$ +

$A_{s\,tot} > A_{sd}$ → Voldoet

$\sigma_s = \frac{435 \cdot 8407}{1,22 \cdot 9305} = 322\ N/mm^2$ ⇒ $\psi_{1,gem} = 1,0$

tabel 4
uitgangspunten nota

Tabel 7.3N NEN-EN 1992-1-1+C2

↓

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{35} = 0,42\ mm$

↓

$s_{max} = 150\ mm$

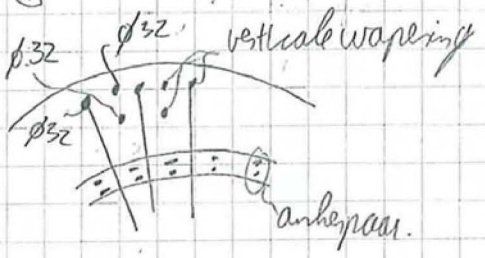
$s_{aanwezig} = 100\ mm$

$s_{max} < s_{aanwezig}$ ⇒ Voldoet

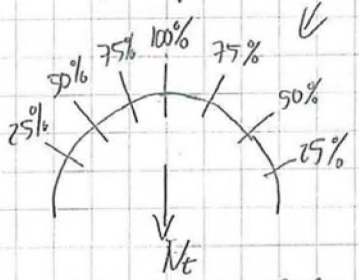
breijn www.breijn.nl	Bijlage B
datum	
gezien	
bladnr.	B-4

Verankering verticale wapening met boorhart opstort

Voor de krachtsoverdracht moet de verticale wapening verbonden zijn met de horizontale wapening binnen de verkering. De verkering bestaat uit 48 ankerparen (zie Uitgangspuntennota). Gekozen is om 1 staaf per ankerpaar door te laten steken. (zie schets)



Omdat de kracht in één richting optreedt zijn niet alle staven die verbonden zijn met het bovennet 100% effectief (zie schets)



Aangenomen is dat er in één helft van de verkering, de staven gemiddeld 50% effectief zijn.

$$N_T = Gsd \cdot A_{bovennet} = \frac{Nd \cdot A_{bovennet}}{A_{s\,tot}} = \frac{3657 \cdot 10^3 \cdot 4908}{9305 \cdot 10^3} = 1929\ kN$$

$$N_u = \underbrace{\tfrac{1}{2}}_{\text{50\% reductie}} \cdot \underbrace{24}_{\text{n ankerparen in halve cirkel}} \cdot \tfrac{1}{4} \cdot \pi \cdot \underbrace{32^2}_{\phi_h \text{ zelfde als verticale wapening}} \cdot 435/10^3 = 4190\ kN$$

$N_u > N_T \rightarrow$ Voldoet

De staven hebben genoeg capaciteit om de krachten uit het bovennet naar de rand van de opstort over te dragen.

Berekening verankeringslengte

$f_{bd} = 2{,}25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$

$\eta_1 = 0{,}7$ (bovenstaaf) $\eta_1 = 1$ (onderstaaf)

$\eta_2 = 1$ ($\phi \leq 32$ mm)

f_{ctd} (C45) $= 2{,}7/1{,}5 = 1{,}8$ N/mm² (opstort)

f_{ctd} (C30) $= 2{,}0/1{,}5 = 1{,}3$ N/mm² (plaat)

f_{bd} (C45) $= 2{,}25 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1{,}8 = 2{,}8$ N/mm² (opstort)

f_{bd} (C30) $= 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}3 = 2{,}9$ N/mm² (plaat)

$l_{b,rqd} = \dfrac{\phi \; G_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$ $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$ $\alpha_i \, (i = 1;3,4,5) = 1{,}0$

$\alpha_2 = 1 - \dfrac{0{,}15 \cdot (50-32)}{32} = 0{,}91$

$G_{sd} = \dfrac{f_{yd} \cdot A_{nodig}}{A_{aanwezig}} = \dfrac{435 \cdot \overset{\text{blz B-1}}{31701}}{\underset{\text{blz B-1}}{50385}} = 274$ N/mm²

Verankering haken in plaat:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}9} = 756$ mm $l_b = \alpha_i (1{:}5) \cdot l_{b,rqd} = 0{,}91 \cdot 745 = 688$ mm $\Rightarrow \underset{\text{toepassen}}{\underset{\shortparallel}{700}}$ mm

Verankering haken in b.h. opstort:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}8} = 783$ mm $l_b = 783 \cdot 0{,}91 = 712$ mm $\Rightarrow$ 730 mm toepassen

Verankering binnenankering

$G_{sd} = \dfrac{N_T}{N_u} \cdot f_{yd} = \dfrac{1229 \cdot 10^3 \cdot 435}{\frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \pi 20^2 \cdot 435} = 391$ N/mm²

$l_{b,rqd} = \dfrac{25 \cdot 391}{4 \cdot 2{,}8} = 873$ mm $l_{bd} = 873 \cdot 0{,}91 = 794$ mm $\Rightarrow$ toepassen 800 mm

De ankerkooi heeft een buitendiameter van $\overset{2564+630}{\overset{\shortparallel}{3194}}$ mm (uitgangspunten nota).

Afstand ankerkooi tot rand opstort is 603 mm wat betekend dat er geen ruimte is voor verankering. Alle wapening dient uitgevoerd te worden middels dubbele haken zie wapeningschets op volgende bladzijde.

Berekening flankwapening

Aannames:
Wgem toelaatbaar = 0,3 mm. Hoeveelheid wapening: Ø16 – 100
Sterkte = 60% t.o.v. t = 28 dagen

Materiaal eigenschappen:

C45/55 ⇒ t = 28 dagen

$f_{ccm(60\%)} = 0,6 \cdot (55+8) = 37,8\ N/mm^2$
$f_{ctk(60\%)} = (0,6 \cdot 53 - 8) = 23,8\ N/mm^2$
$f_{ctm(60\%)} = 0,3 \cdot f_{ctk(60\%)}^{2/3} = 2,5\ N/mm^2$ (f_{cm})

$E_s = 2 \cdot 10^5\ N/mm^2$
$E_b = 22 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 53}{10}\right)^{0,3} \cdot 10^3 = 31000\ N/mm^2$
$n = \frac{2 \cdot 10^5}{31000} = 6,43$

Berekeningspanningen:

$\sigma_{cr} = 0,75 \cdot f_{ctm} = 0,75 \cdot 2,5 = 1,87\ N/mm^2$ (spanning waarbij beton gaat scheuren)

$$\sigma_{s,cr} = \frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\frac{n \cdot \sigma_{cr}^2}{2} + \frac{f_{ccm} \cdot E_s \cdot (0,5 \cdot w_{gem})^{1,18}}{0,4 \cdot \phi}}$$

$$\sigma_{scr} = \frac{6,43 \cdot 1,87}{2} + \sqrt{\frac{6,43 \cdot 1,87^2}{2} + \frac{37,8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (0,5 \cdot 0,3)^{1,18}}{0,4 \cdot 16}} = 361\ N/mm^2$$ (Staalspanning op moment van scheuren)

$$l_{st} = \frac{1,2 \cdot w_{gem} \cdot E_s}{\sigma_{scr}} = \frac{1,2 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 10^5}{361} = 200\ mm$$ (overdrachtslengte)

$h_{eff} = c + 2 \cdot \phi_{st} + 1,2 \cdot l_{st} = 60 + 2 \cdot 16 + 1,2 \cdot 200 = 332\ mm$ (effectieve hoogte betondoorsnede)

$$A_{sd} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{scr}} \cdot b \cdot h_{eff} = \frac{1,87}{361} \cdot 1000 \cdot 332 = 1725\ mm^2$$ (benodigde wapening)

A_s aanwezig ⇒ Ø16-100 = 2011 mm^2 2011 > 1775 → Voldoet.

Controle of de scheurvorming inderdaad in de onverkoolde fase zit:

$\varepsilon_{sdc} = \frac{(60 + 2,4 \cdot \sigma_{scr})}{10^6} = 9,126 \cdot 10^{-4}$ (Rek waar het volledig ontwikkelt scheurpatroon begint)

$\varepsilon_{cr} = \sigma_{cr}/E_b = 1,87/31000 = 6 \cdot 10^{-5}$ (Rek waarbij beton scheurt)

$\varepsilon_{cr} < \varepsilon_{sdc}$ ⇒ sprake van een onverkoold scheurpatroon.

Maximale ΔT

$\Delta T = \varepsilon_{sdc}/\alpha_c = 9,126 \cdot 10^{-4} / 1 \cdot 10^{-5} = 93\ K$. ⇒ Conclusie Ø16-100 voldoet.

Berekening flankwapening

Invoer gegevens

Betonklasse	C45/55		c	60	[mm]
Sterkte(t) t.o.v. t= 28 dagen	60	[%]	b	1000	[mm]
fccm(t)	37,8	[N/mm^2]	ac	0,00001	
fctm(t)	2,5	[N/mm^2]	Øk	16	[mm]
Ecm	31128	[N/mm^2]	s	100	[mm]
Es	200000	[N/mm^2]	Wgem	0,3	[mm]
n	6,43				

Spanningen

Spanning waarbij beton scheurt

Gcr	1,86	[N/mm2]	**Gcr = 0,75*fctm**

Spanning in het staal op het moment van scheuren

Gscr	361	[N/mm2]

$$\sigma_{s,cr} = \frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \frac{f_{ccm} \cdot E_s \cdot (0{,}5\ w_{mo})^{1{,}18}}{0{,}4 \cdot \varnothing}}$$

Overdrachtslengte

lst	200	[mm]

$$lst = \frac{1.2 * wmo * Es}{Gscr}$$

Effectieve hoogte betondoorsnede

heff	331	mm	**heff = c + 2*Øk + 1,2* lst**

Benodigde hoeveelheid staal

Asd	1710	mm2	**As = (Gcr/Gscr) * b * heff**
As aanwezig	2011	mm2	
U.C. As	0,9	Voldoet als kleiner dan 1	

Controle of de aanname van de berekening klopt

Rek waarbij er een volledig ontwikkeld scheurpatroon is

e,fdc	9,26E-04	**e fdc = (60+2,4*Gscr)**

Rek waarbij het beton scheurt

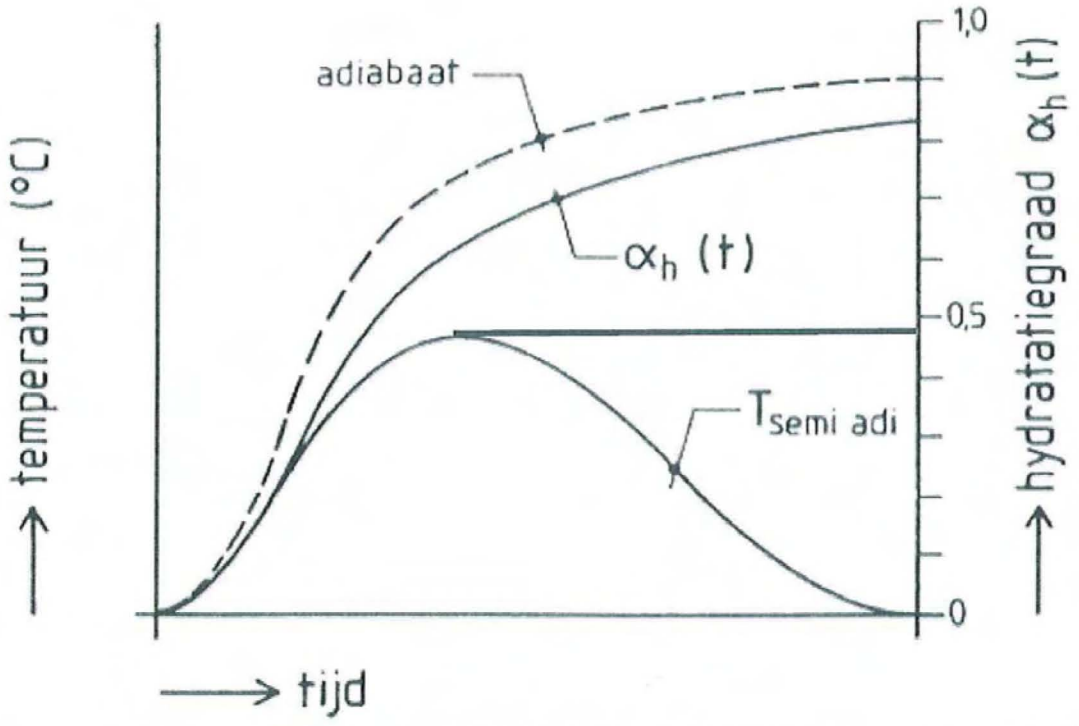
e,cr	5,98E-05	**e cr = Gcr/ Eb**

U.C. Rek	6,46E-02	Kleiner dan 1, dan is de aanname van een onvoltooid scheurpatroon correct

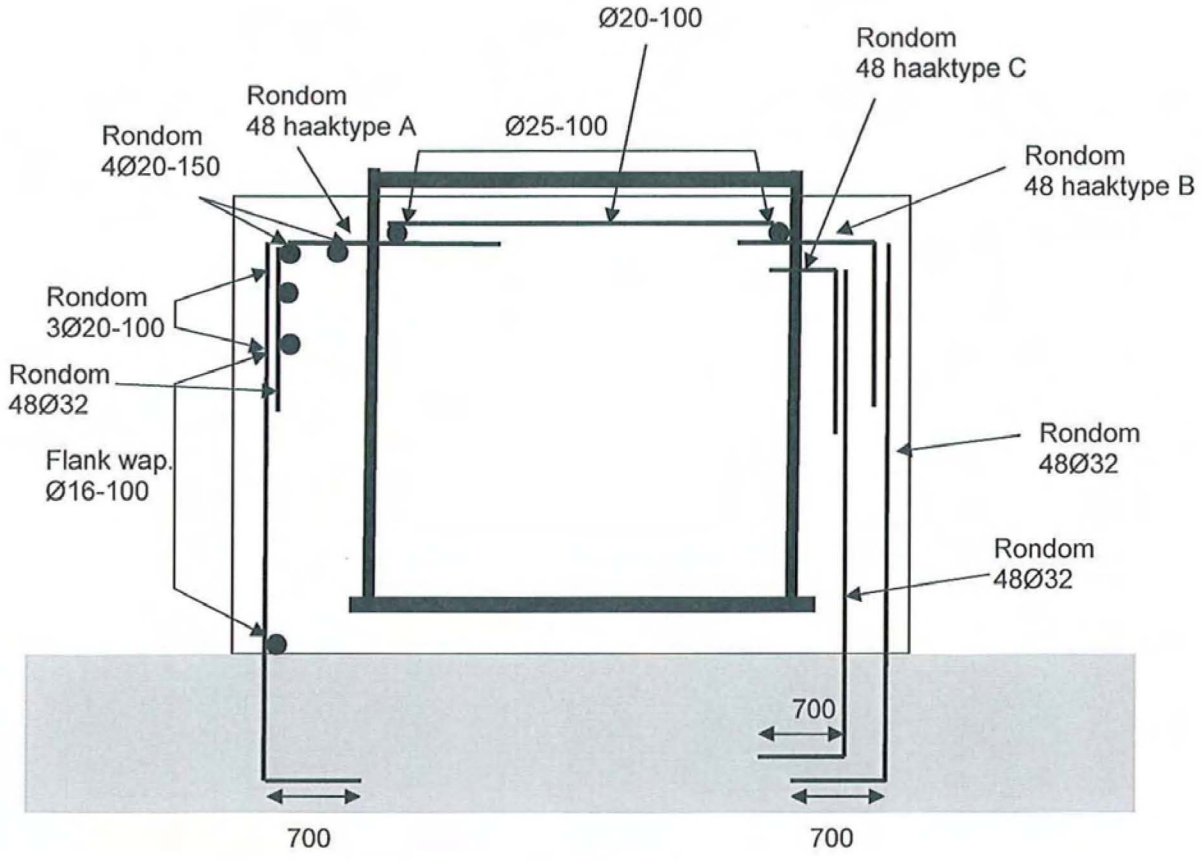
Maximale toelaatbare hydratatie warmte

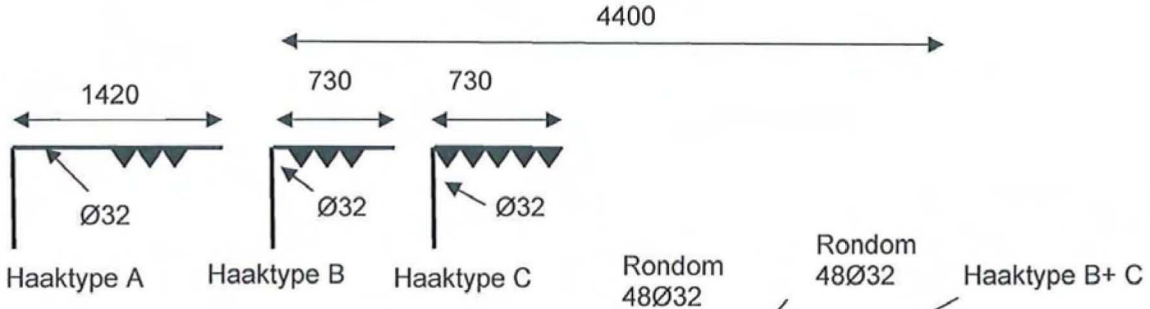
Temperatuur verschil waarbij scheuren ontstaan

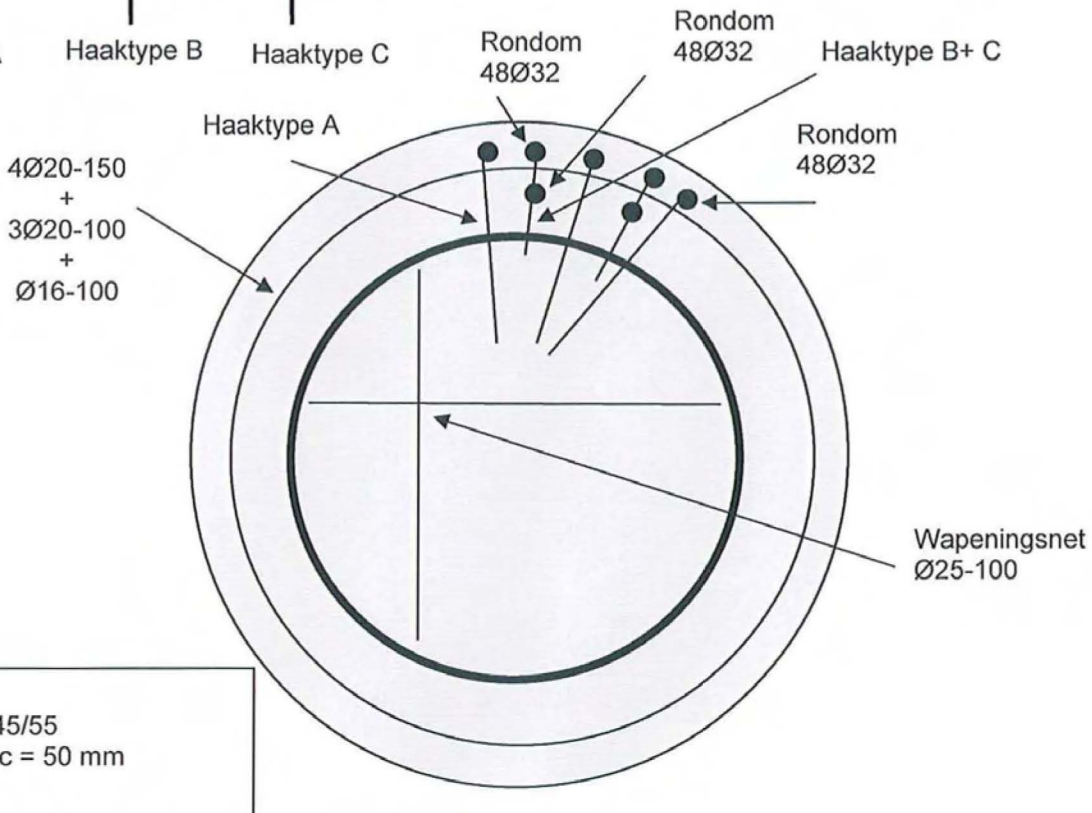
delta T	93	°	**T = e fdc / ac**



De 28 daagse sterkte wordt ongeveer bereikt bij een hydratatiegraad van 0,8. De maximale temperatuur treed op bij een hydratatiegraad van 0,5. Dit betekend dat (0,5*100/0,8 = 62%) ongeveer 60% van de 28 daagse sterkte ontwikkeld is.







Opstort
Betonkwaliteit: C45/55
MK: XC4/XF3 → c = 50 mm

Vloer
Betonkwaliteit: C30/37
MK: XC4 → c = 50 mm

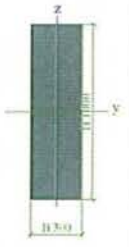
Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen :	Aantal staven :	Aantal platen :	Aantal vaste lichamen :	Aantal gebruikte doorsneden :	Aantal belastingsgevallen :	Aantal gebruikte materialen :	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	NEN	Scia Engineer 10.1.556	Raamwerk XZ	Geavanceerd	5	7	0	0	1	1	1	2D vakwerk model.esa	S:\HI\BREIJN\SIVU na 1 mei (C&G) vakwerkmodel op

2. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	1000; 300	
Onderdeelmateriaal	B 35	
Bouwwijze	beton	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	

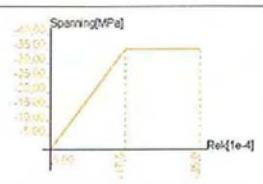


A [m²]	3,0000e-01	
A y, z [m²]	2,5000e-01	2,5000e-01
I y, z [m⁴]	2,5000e-02	2,2500e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	7,2355e-03
Wel y, z [m³]	5,0000e-02	1,5000e-02
Wpl y, z [m³]	7,5000e-02	2,2500e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	150	500
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	2,6000e+00	

3. Materialen

Type	Beton
Naam	B 35
Thermisch uitz. [m/mK]	0,00
Massa eenheid [kg/mm³]	0,0
E-mod [MPa]	3,1000e+04
Poisson - nu	0,2
Onafhankelijke G-modulus	×
G-mod [MPa]	1,2917e+04
Karakteristieke kubusdruksterkte (f'ck) [MPa]	35,00
Gemiddelde treksterkte [MPa]	2,80
Cementklasse	32.5
Door gebruiker gedefinieerde treksterkte (fbrep)	×
Representatieve treksterkte (fbrep) [MPa]	1,96

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

Rekenwaarde van de druksterkte (f'b) [MPa]	21,00
Rekenwaarde van de treksterkte (fb) [MPa]	1,40
Gemiddelde treksterkte (fbm) [MPa]	2,74
Gemeten waarden van gemiddelde druksterkte (invloed van ouderdom)	x
Spanning/rek voor niet-lineaire analyse	

4. Belastingsgevallen

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

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Z [mm]
K8	0,000	0,000
K9	977,000	2500,000
K10	2991,000	1000,000
K11	3390,000	2500,000
K12	3335,000	-700,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [mm]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S14	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2684,125	Lijn	K8	K9	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S15	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2511,214	Lijn	K9	K10	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S16	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	1552,160	Lijn	K10	K11	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S17	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2413,000	Lijn	K9	K11	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S18	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3200,473	Lijn	K11	K12	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3974,942	Lijn	K12	K9	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S21	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3407,671	Lijn	K12	K8	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K12	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K8	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

8. Puntlasten in knopen

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast1	K10	BG2 - Fd	GCS	Z	Kracht	19930
Puntlast2	K9	BG2 - Fd	GCS	Z	Kracht	-20914
Puntlast3	K9	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482
Puntlast4	K11	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482

9. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

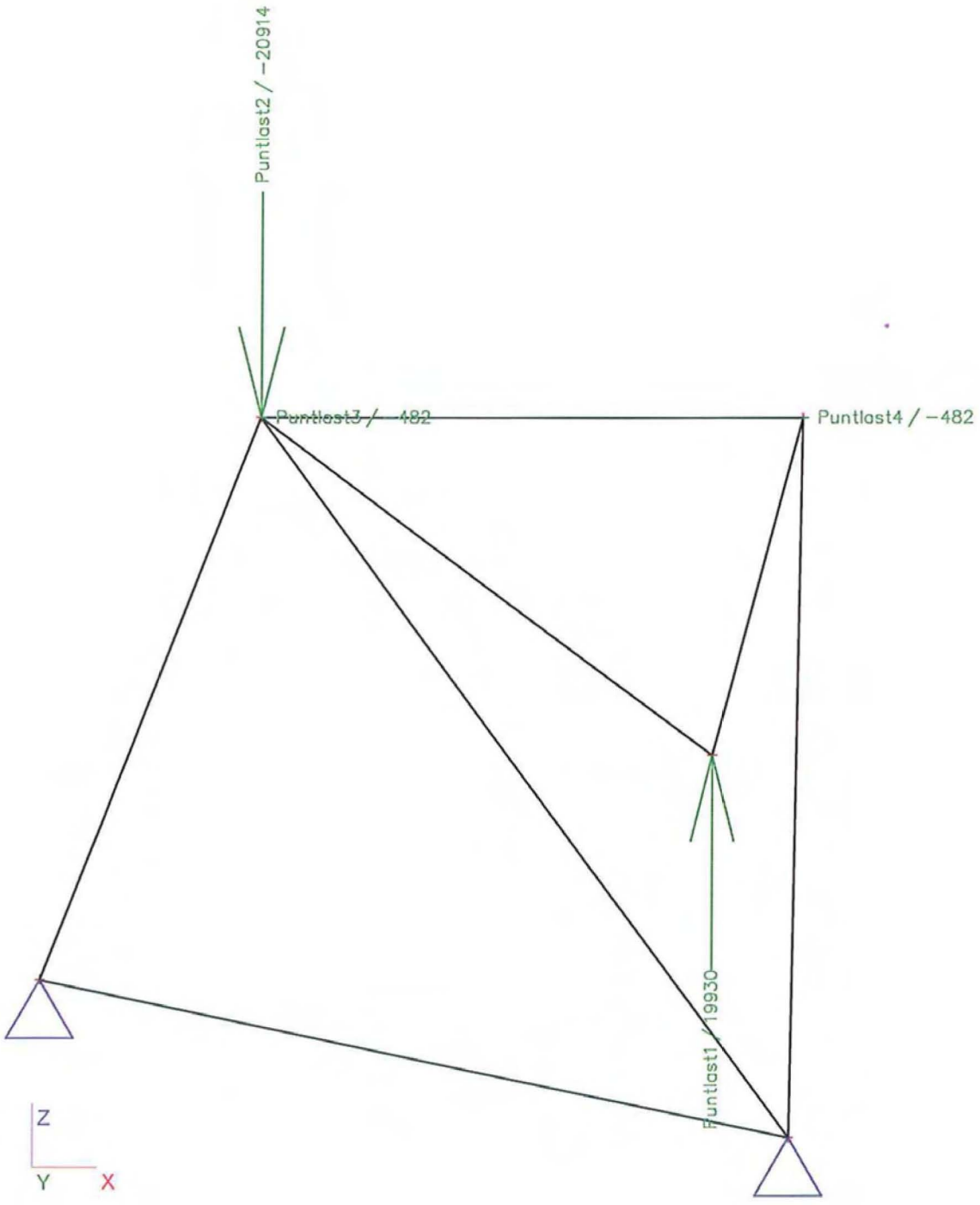
Aantal 2D elementen	0
Aantal 1D elementen	7
Aantal netknopen	5
Aantal vergelijkingen	30
Belastinggevallen	BG2
Start berekening	17.08.2012 12:09
Einde berekening	17.08.2012 12:09

Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG2	last	-963.0	0.0	-984.0
	knoopreacties	963.0	0.0	984.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

10. Belastingen



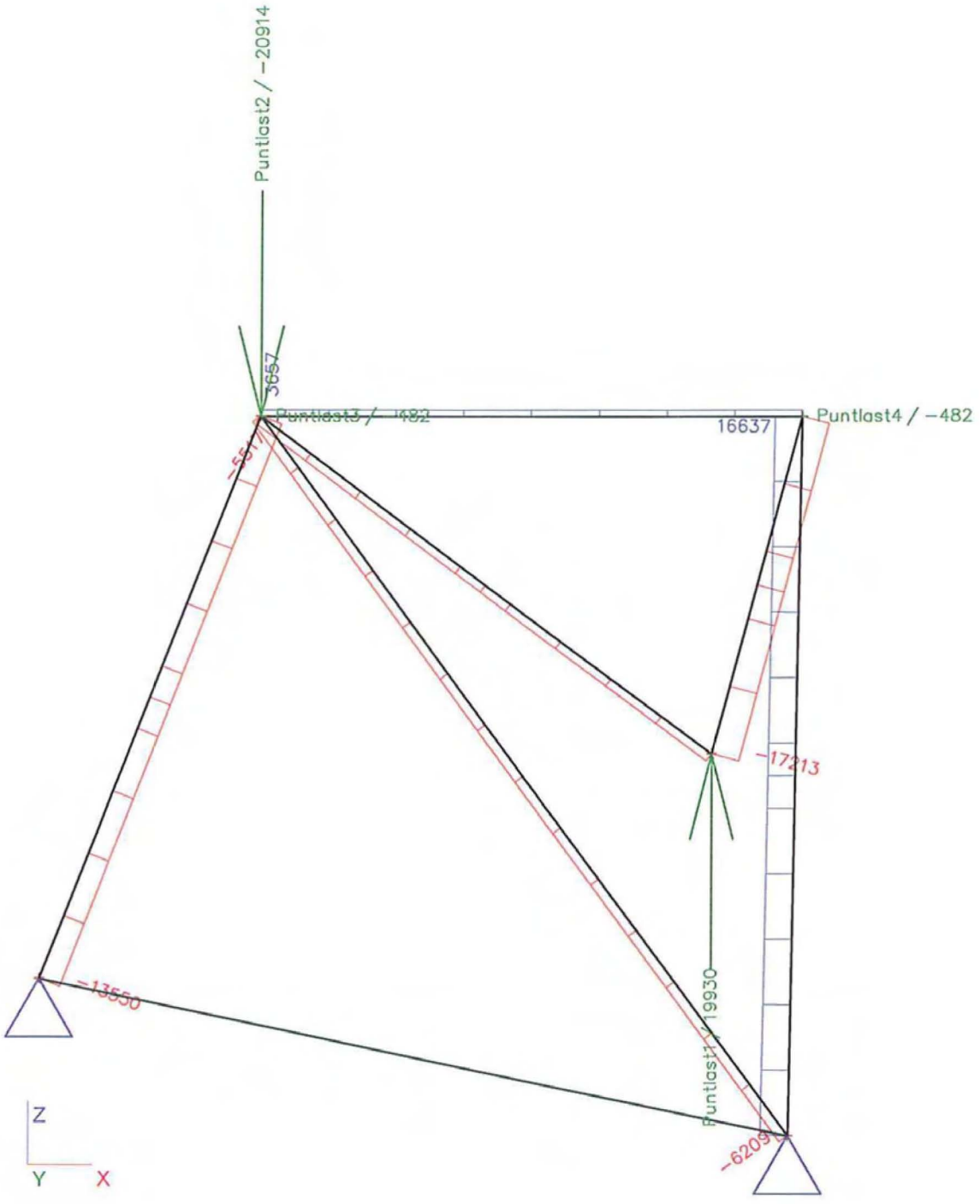
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\

2D vakwerk model.esa

B-14

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

11. Interne krachten in staaf

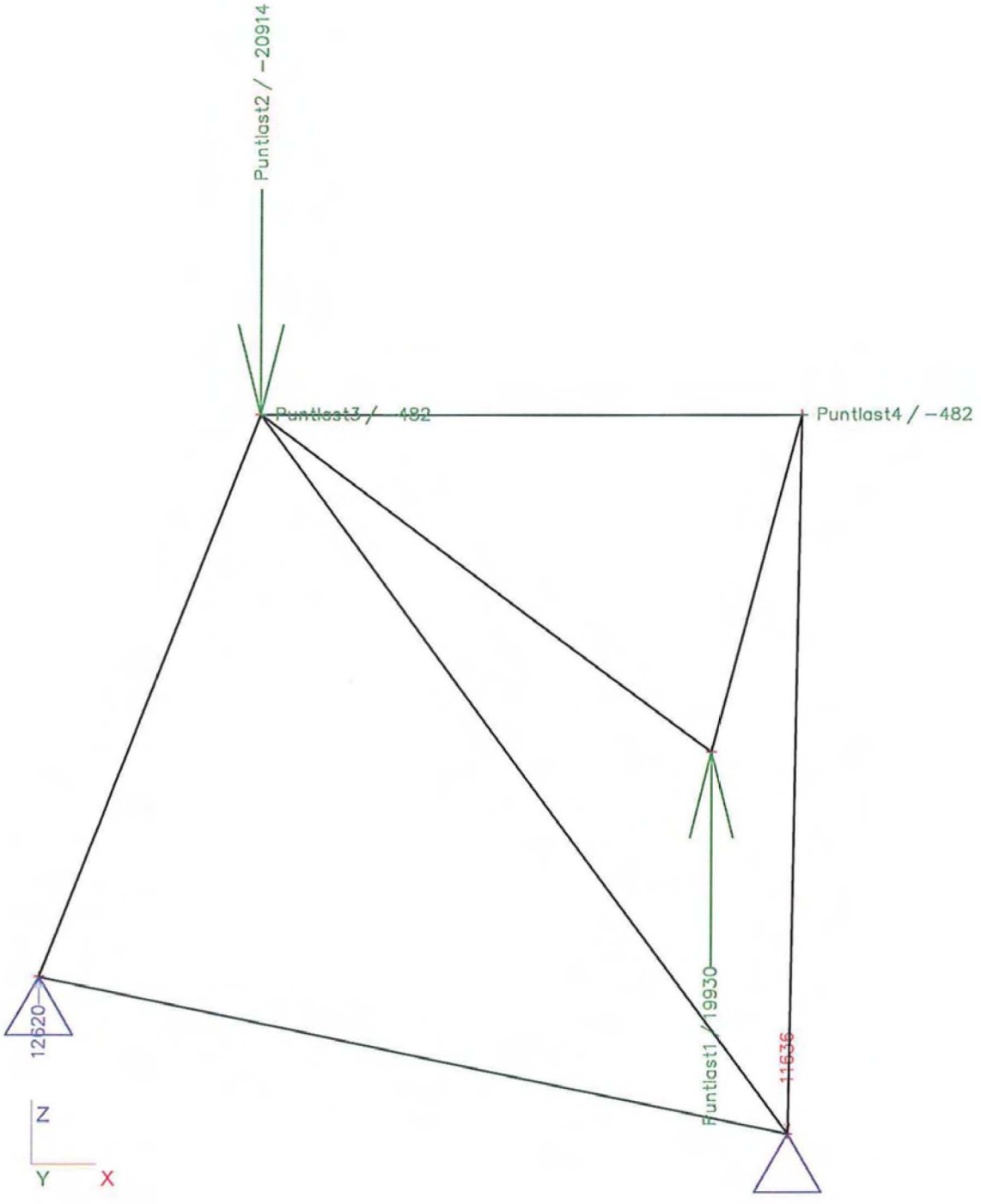


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\
2D vakwerk model.esa

B-15

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

12. Reacties



S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\
2D vakwerk model.esa

B-16

Bijlage C: Model funderingsplaat

Bepaling spreidingsgebied
rond opstort

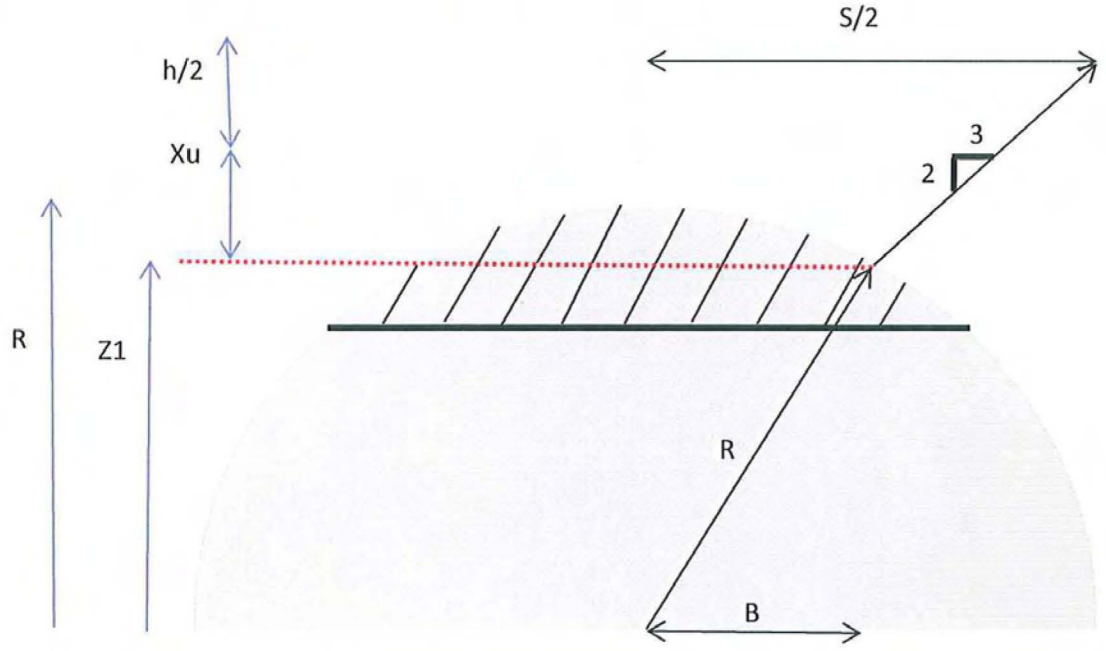
Input

R	2200	mm	
Xu	264	mm	(Zie bijlage A)
Z1	1984	mm	(Zie bijlage A)
h	900	mm	

Bepaling Spreidingsgebied S

B	951	mm	$B = \sqrt{R^2 - Z1^2}$
α	0,98	rad	$\alpha = \arctan\left(\frac{3}{2}\right)$
S	4043	mm	$S = 2\,B + 2\left(\frac{1}{2}\,h + Xu\right)\tan(\alpha)$

≈ 4060 mm



* *Bepaling spreidingsgebied op basis van artikel 7.5.4.3 van de NEN6720*

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen :	Aantal staven :	Aantal platen :	Aantal vaste lichamen :	Aantal gebruikte doorsneden :	Aantal belastingsgevallen :	Aantal gebruikte materialen :	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	EC - EN	Scia Engineer 10.1.556	Algemeen XYZ	Geavanceerd	64	28	1	0	1	8	3	Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa	S:\HI\BREIJN\SIVU na 1 mei (C&G) plaatmodel poer)\

2. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/mm³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	45,00
C30/37 Geen EG	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00

3. Niet-lineaire functies

Naam	Type	u / F [m,MN]	u / F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	Vrij

4. Lastgroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

5. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
BG1	Eigengewicht Beton	Permanent	LG1	Eigen gewicht		-Z		
BG2	GWS laag	Permanent	LG1	Standaard				
BG3	GWS hoog	Permanent	LG1	Standaard				
BG4	Grondwater	Permanent	LG1	Standaard				
BG5	BGT eigengewicht mast	Permanent	LG1	Standaard				
BG6	BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG7	BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen

6. Niet-lineaire combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC1: Druk1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,00
BC2: Druk2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,00
BC3: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC3: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,00
BC4: Trek1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,00
BC5: Trek2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,00
BC6: Trek3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,00
BC7: Druk1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,22
BC8: Druk2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,22
BC9: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,22
BC10: Trek1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,22
BC11: Trek2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,22
BC12: Trek3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,22

7. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle UGT	BC7: Druk1
	BC8: Druk2
	BC9: Druk3
	BC10: Trek1
	BC11: Trek2
	BC12: Trek3
Alle BGT	BC1: Druk1
	BC2: Druk2

Naam	Lijst
Alle BGT	BC3: Druk3 BC4: Trek1 BC5: Trek2 BC6: Trek3

8. Solver- en netinstellingen

Negeer dwarskrachtvervormingen (Ay, Az >> A)	✓
Verdeling op consoles en variabele staven	5
Pas de knoopverfijning toe	Geen staven
Buigtheorie van plaat/schaal berekening	Kirchhoff
Type solver	Direct
Aantal diktes van plaatrib	20
Aantal sneden op gemiddelde staaf	10
Maximaal toelaatbare verplaatsing [mm]	1000,0
Maximaal toelaatbare rotatie [mrad]	100,0
Maximum aantal iteraties	50
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0,001
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [mm]	300,000
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Minimum lengte van staafelement [mm]	100,000
Maximum lengte van staafelement [mm]	100000,000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [mm]	1000,000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	×
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	×
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Rand van vooraf gedefinieerd net vloeiend maken	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30,0
Verh. voorgedefinieerd net	1,5
Wapeningscoëfficiënt	1
Zwevende knopen voor voorspanning	×

9. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
Poer	C30/37	900	konstant	vloer (90)	Laag1

10. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Opstort 1	Poer	C45/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K43 K40 As	Cirkel door centrum en straal
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Opstort 2	Poer	C45/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K44 K42 As	Cirkel door centrum en straal

11. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K1	0,000	0,000	0,000
K34	600,000	600,000	0,000
K40	3600,000	5500,000	0,000
K42	11100,000	5500,000	0,000

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K43	5800,000	5500,000	0,000
K44	8900,000	5500,000	0,000
K45	14700,000	0,000	0,000
K46	14700,000	11000,000	0,000
K47	0,000	11000,000	0,000
K48	2100,000	600,000	0,000
K49	3600,000	600,000	0,000
K50	5100,000	600,000	0,000
K51	6600,000	600,000	0,000
K52	8100,000	600,000	0,000
K53	9600,000	600,000	0,000
K54	11100,000	600,000	0,000
K55	12600,000	600,000	0,000
K56	14100,000	600,000	0,000
K57	600,000	2560,000	0,000
K60	600,000	10400,000	0,000
K61	2100,000	10400,000	0,000
K62	3600,000	10400,000	0,000
K63	5100,000	10400,000	0,000
K64	6600,000	10400,000	0,000
K65	8100,000	10400,000	0,000
K66	9600,000	10400,000	0,000
K67	11100,000	10400,000	0,000
K68	12600,000	10400,000	0,000
K69	14100,000	10400,000	0,000
K70	14100,000	2560,000	0,000
K73	3600,000	-1900,000	-25000,000
K74	5100,000	-1900,000	-25000,000
K75	6600,000	-1900,000	-25000,000
K76	8100,000	-1900,000	-25000,000
K77	9600,000	-1900,000	-25000,000
K78	11100,000	-1900,000	-25000,000
K79	12600,000	-1900,000	-25000,000
K80	2100,000	-1900,000	-25000,000
K81	3600,000	12900,000	-25000,000
K82	5100,000	12900,000	-25000,000
K83	6600,000	12900,000	-25000,000
K84	8100,000	12900,000	-25000,000
K85	9600,000	12900,000	-25000,000
K86	11100,000	12900,000	-25000,000
K87	12600,000	12900,000	-25000,000
K88	2100,000	12900,000	-25000,000
K90	16600,000	2560,000	-25000,000
K92	-1900,000	2560,000	-25000,000
K95	15868,000	-1168,000	-25000,000
K96	15868,000	12168,000	-25000,000
K97	-1168,000	12168,000	-25000,000
K98	-1168,000	-1168,000	-25000,000
K99	600,000	4520,000	0,000
K100	-1900,000	4520,000	-25000,000
K101	14100,000	4520,000	0,000
K102	16600,000	4520,000	-25000,000
K103	600,000	6480,000	0,000
K104	-1900,000	6480,000	-25000,000
K105	16600,000	6480,000	-25000,000
K106	14100,000	6480,000	0,000
K107	600,000	8440,000	0,000
K108	-1900,000	8440,000	-25000,000
K109	16600,000	8440,000	-25000,000
K110	14100,000	8440,000	0,000

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn10 K90	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14 K96	GCS	Standaard Rx4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15 K95	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22 K92	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25 K97	GCS	Standaard Rx4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26 K98	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn1 K73	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K74	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3 K75	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K76	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K77	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K78	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7 K79	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27 K87	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28 K86	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29 K85	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30 K84	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31 K83	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32 K82	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33 K81	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34 K88	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35 K80	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36 K100	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37 K102	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38 K104	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 K105	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 K108	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41 K109	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Systeem Locatie
GFF1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF10	GCS Lengte
GFF2	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF12	GCS Lengte
GFF3	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF14	GCS Lengte
GFF4	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF16	GCS Lengte
GFF5	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF9	GCS Lengte
GFF6	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF15	GCS Lengte

14. Vrije oppervlakte last

Naam, Belastingsgeval	FF9	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF10	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF12	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF13	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF14	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF15	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF16	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting

15. Lasten op oppervlak

Naam	SF1	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-29	
Naam	SF5	

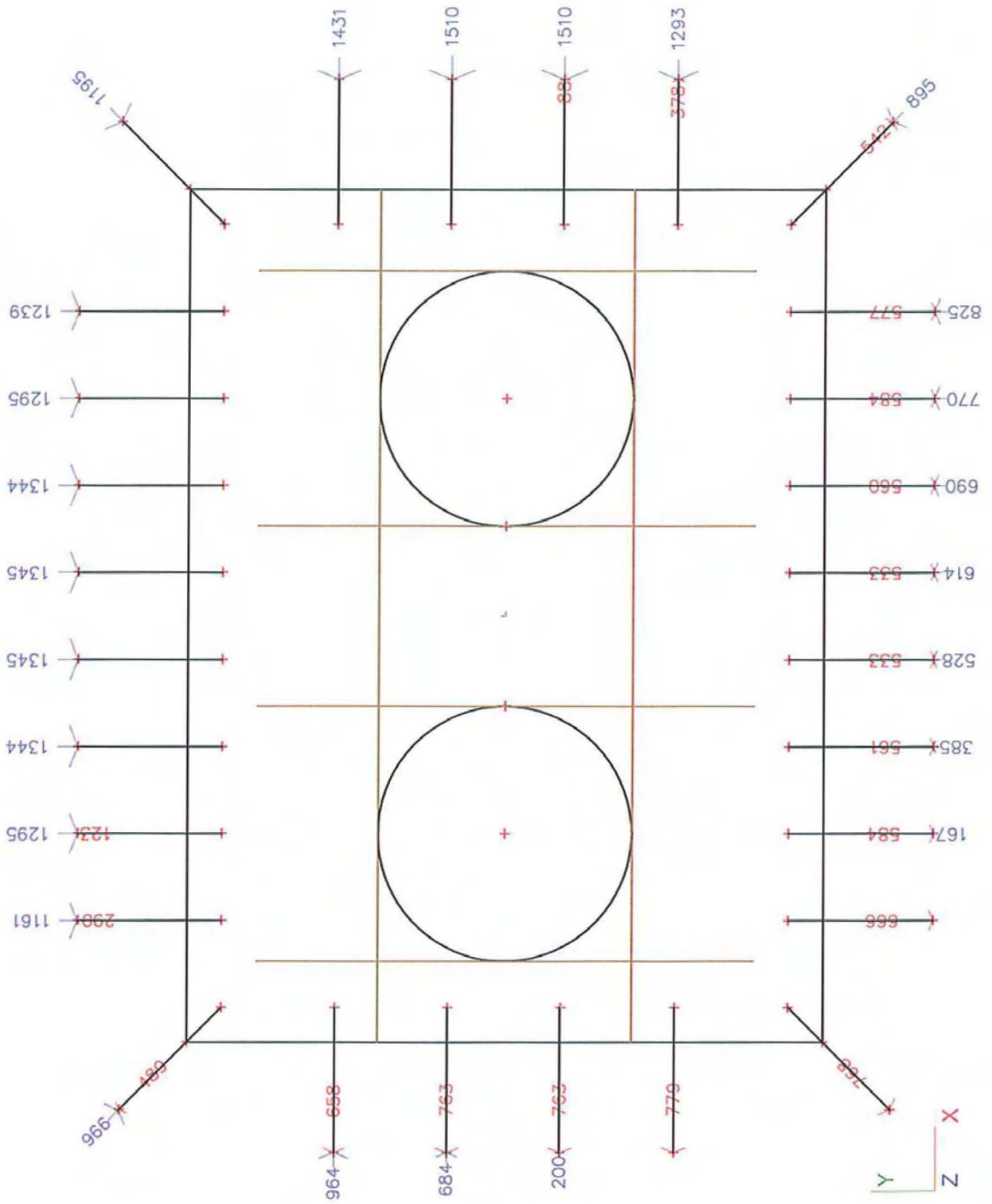
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF17	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF18	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF19	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF20	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF21	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF22	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF23	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF28	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	

Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	
Naam	SF29	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	

16. Berekeningsverslag

Calc protokol
Verslag berekening.

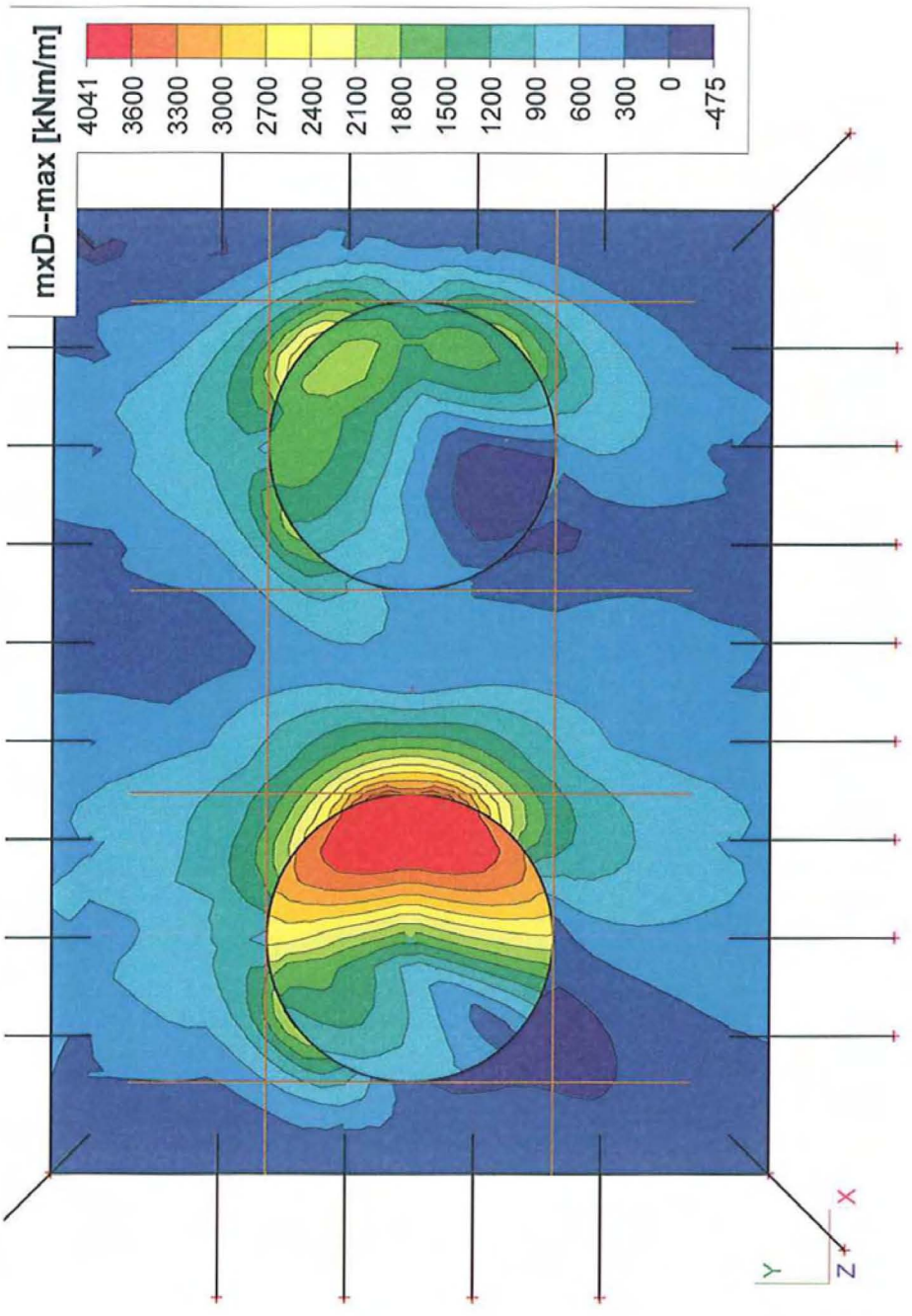
17. Reacties Rz UGT



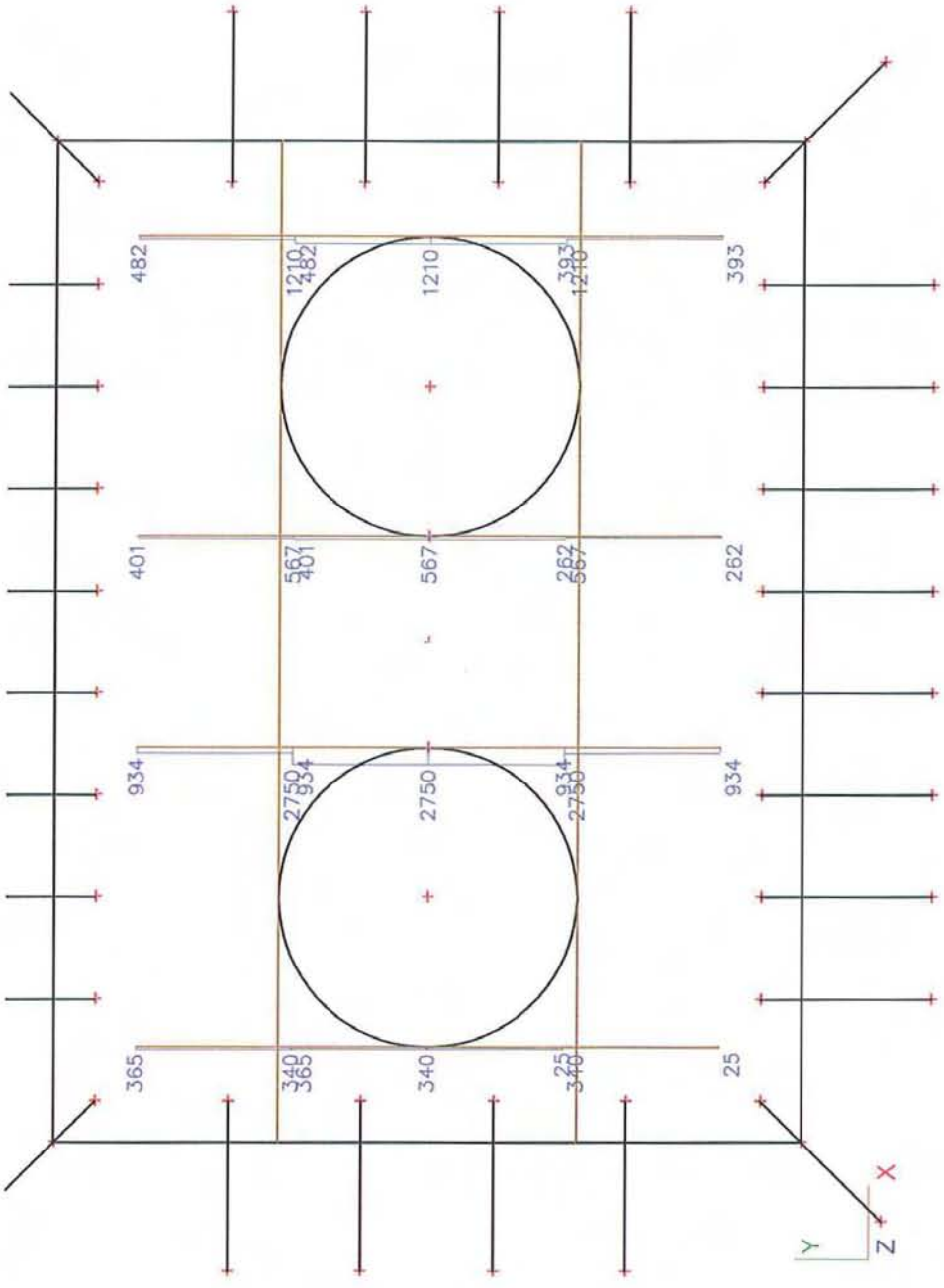
18. Wapeningsmomenten in x-richting

18.1. Onderwapening

18.1.1. Mxd- UGT

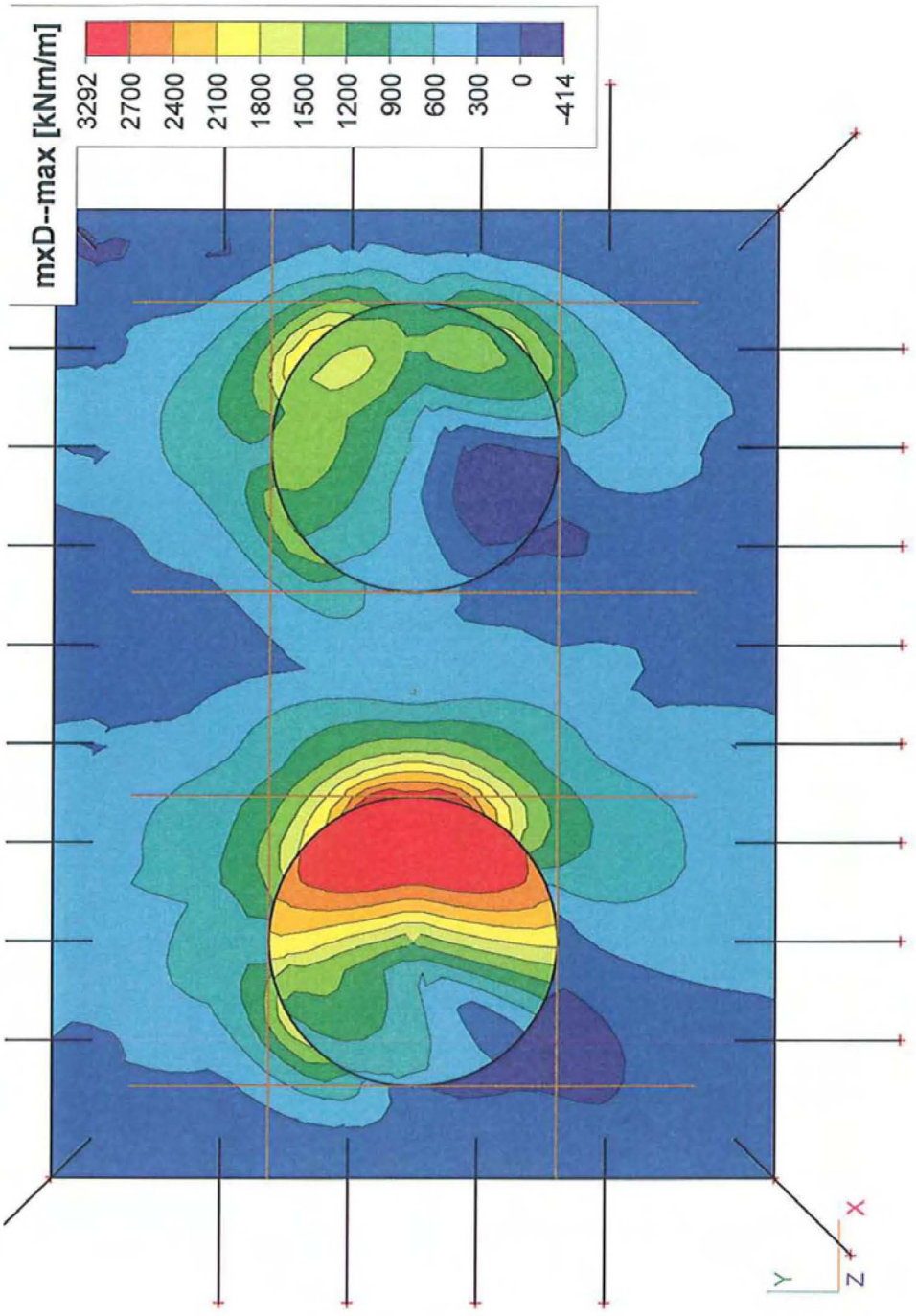


18.1.2. Mxd- UGT

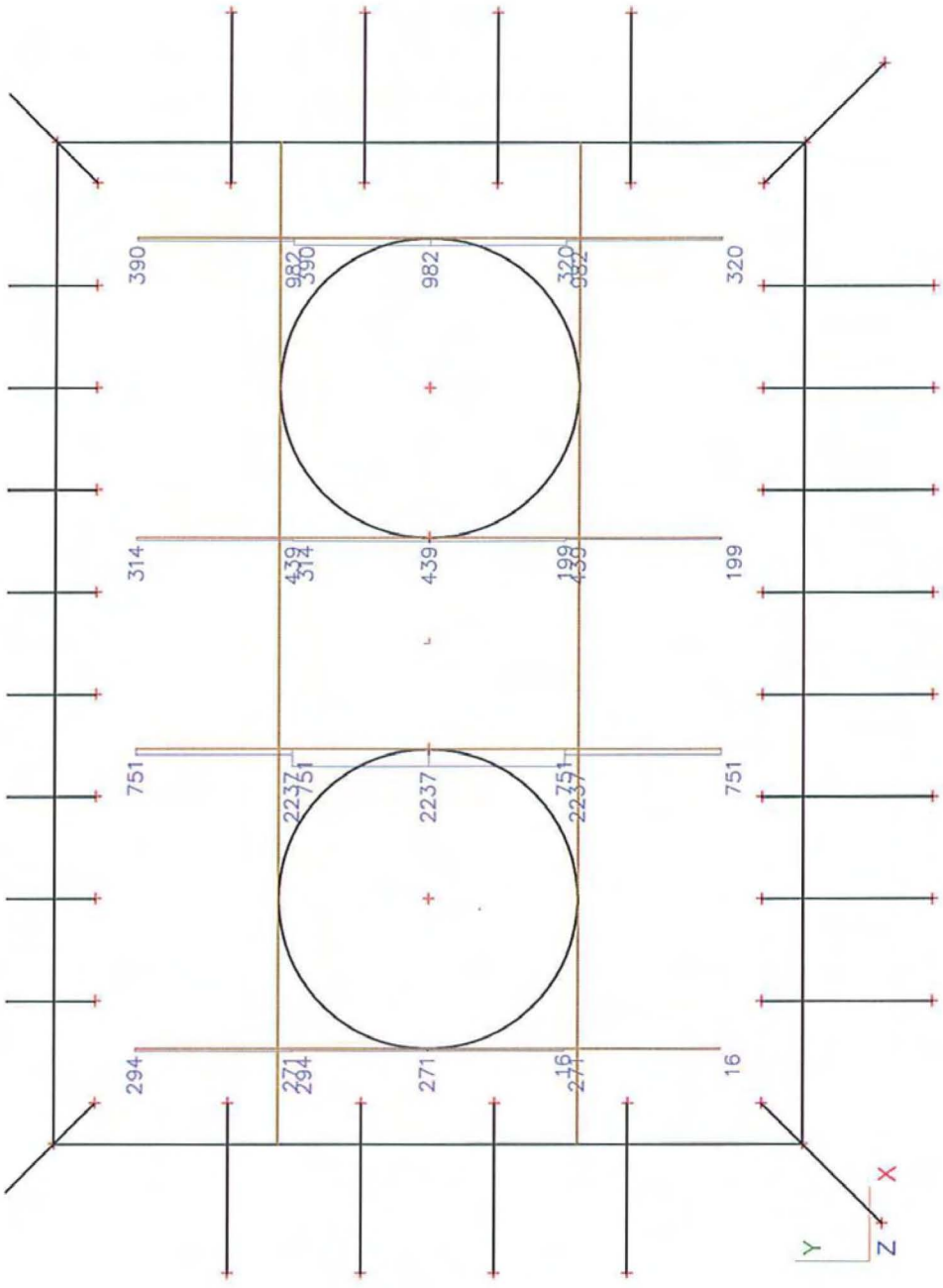


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

18.1.3. Mxd- BGT


mxD--max [kNm/m]
3292
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
-414
X
Y
Z

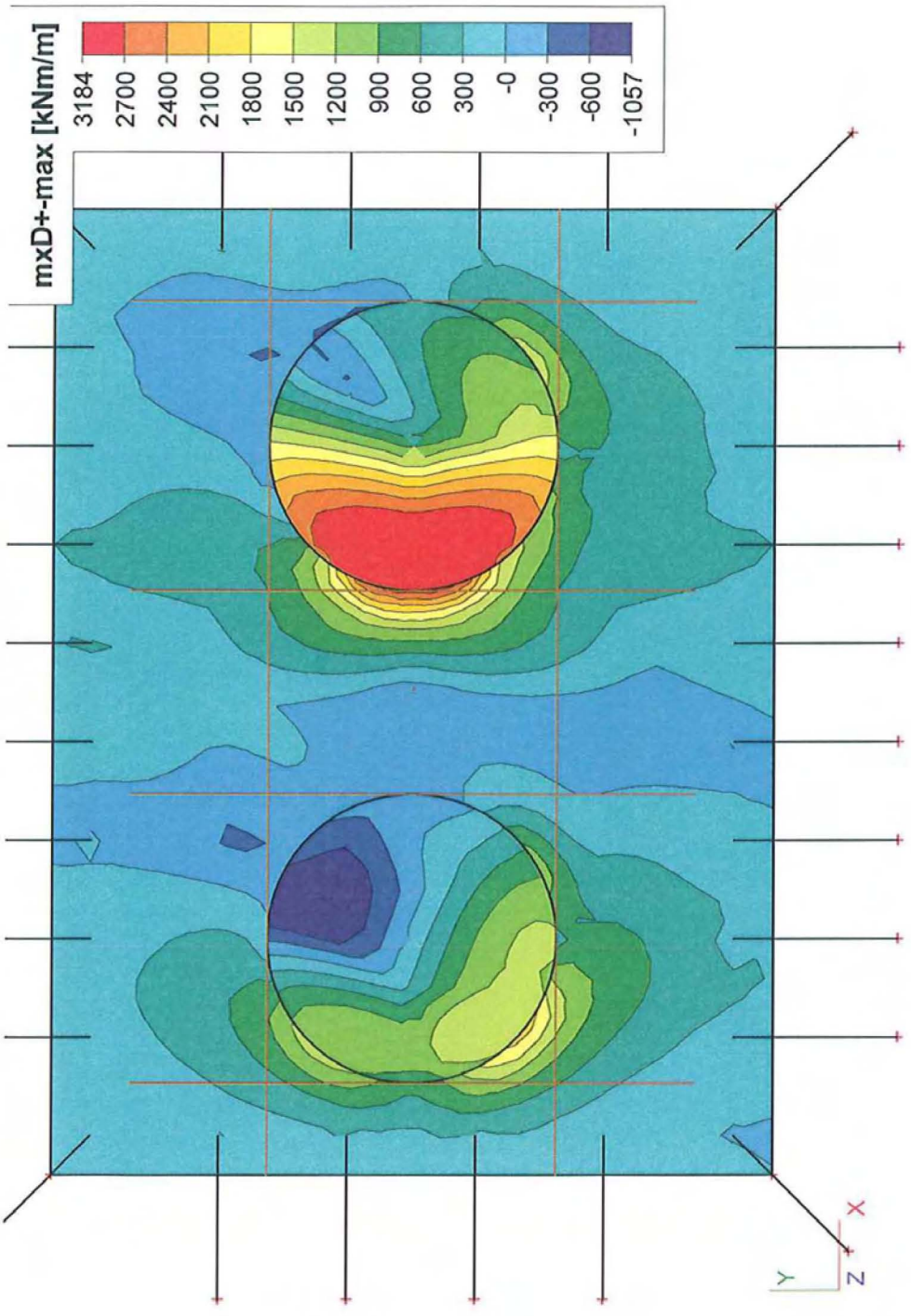
18.1.4. Mxd- BGT



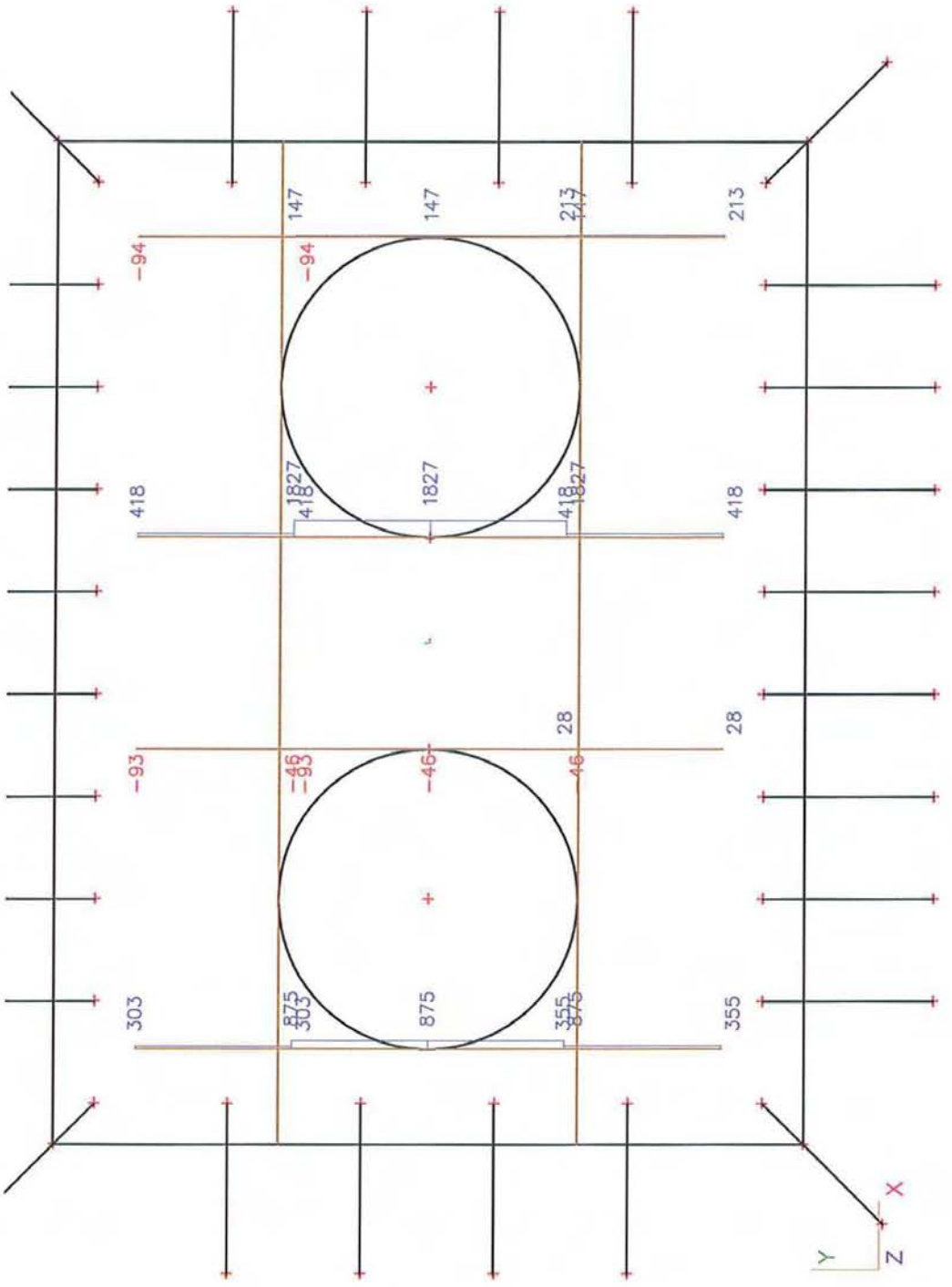
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

18.2. Bovenwapening

18.2.1. Mxd+ UGT



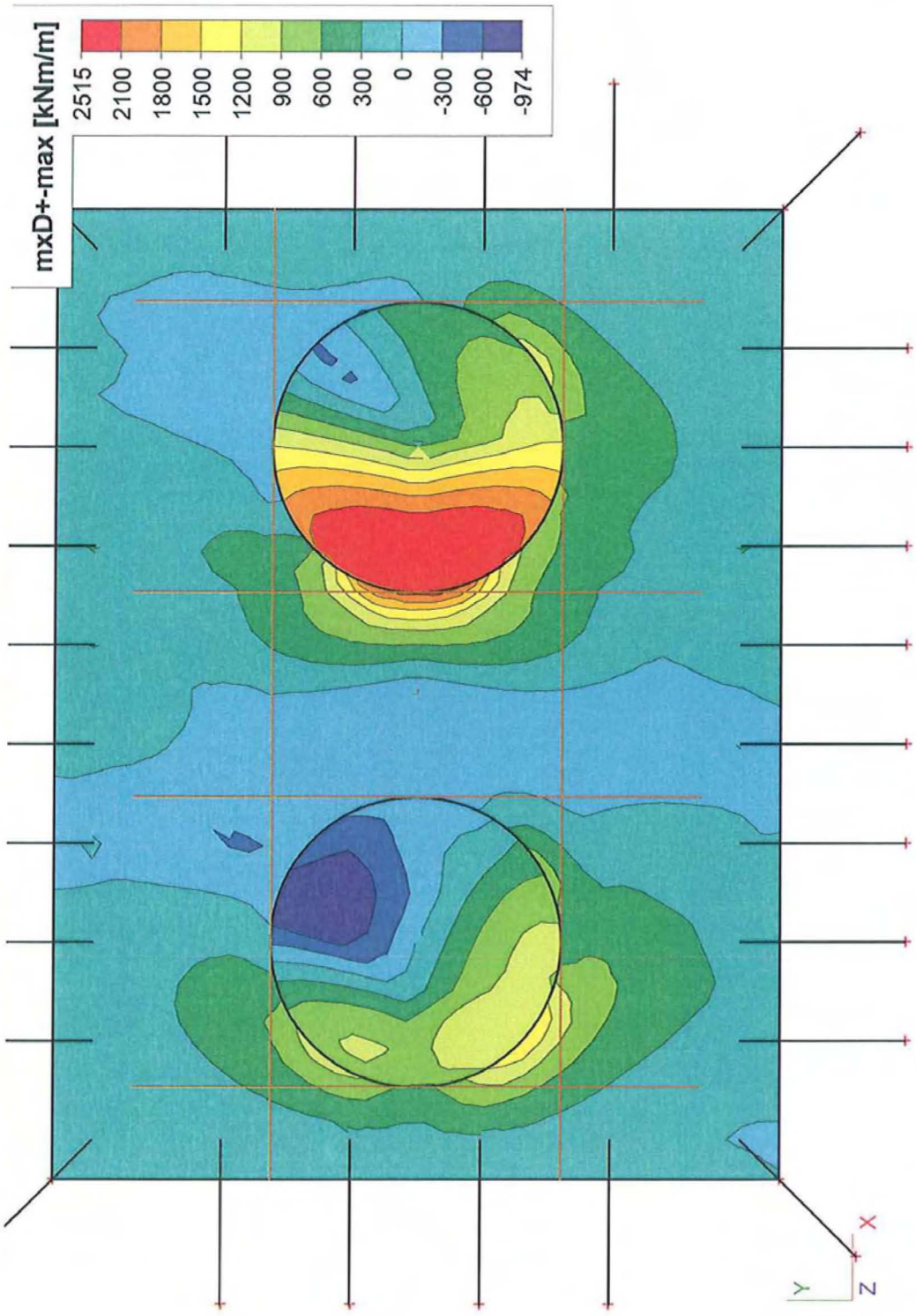
18.2.2. Mxd+ UGT



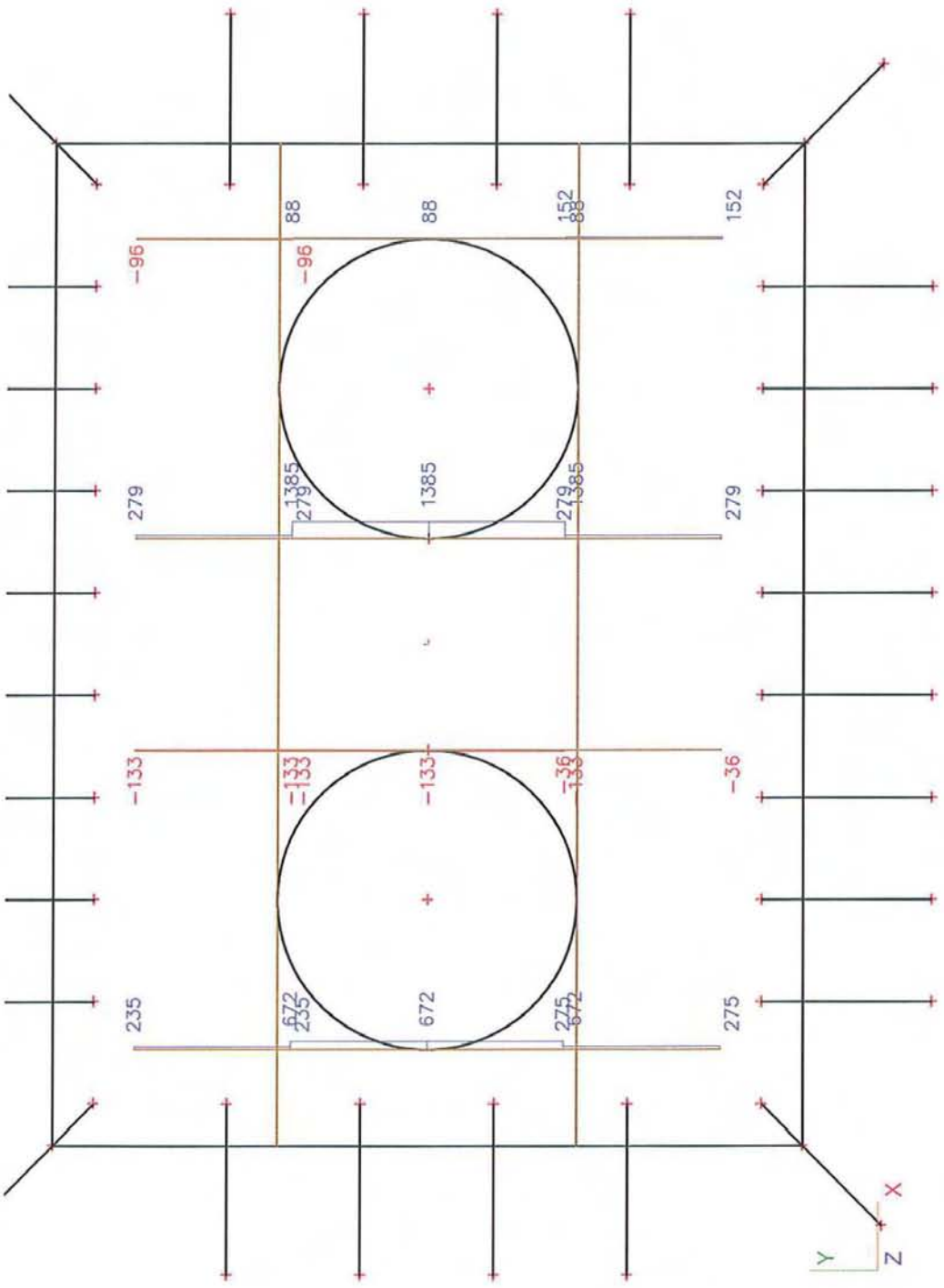
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-16

18.2.3. Mxd+ BGT


mxD+-max [kNm/m]
2515
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
-300
-600
-974
X
Y
Z

18.2.4. Mxd+ BGT



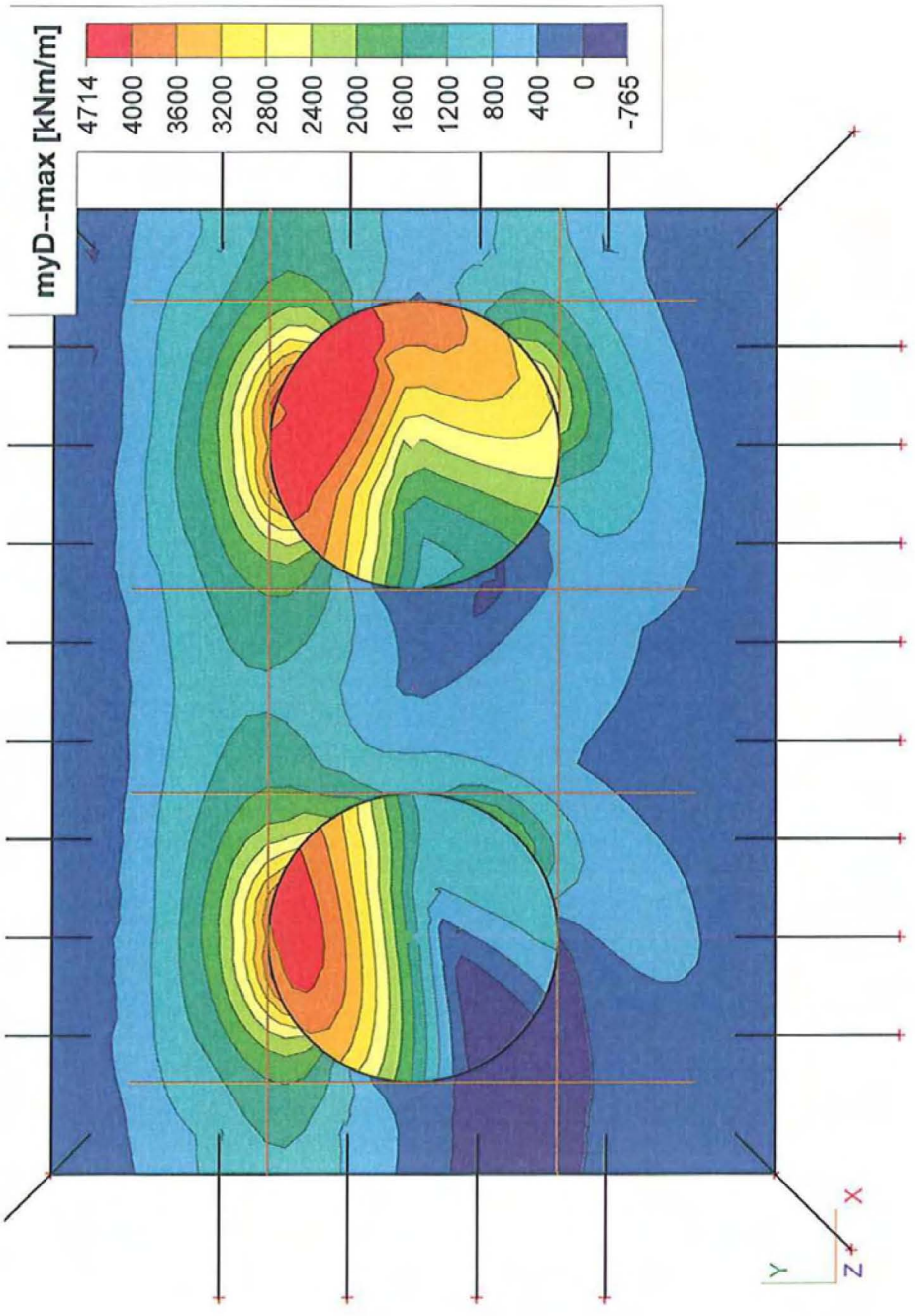
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-18

19. Wapeningsmomenten in y-richting

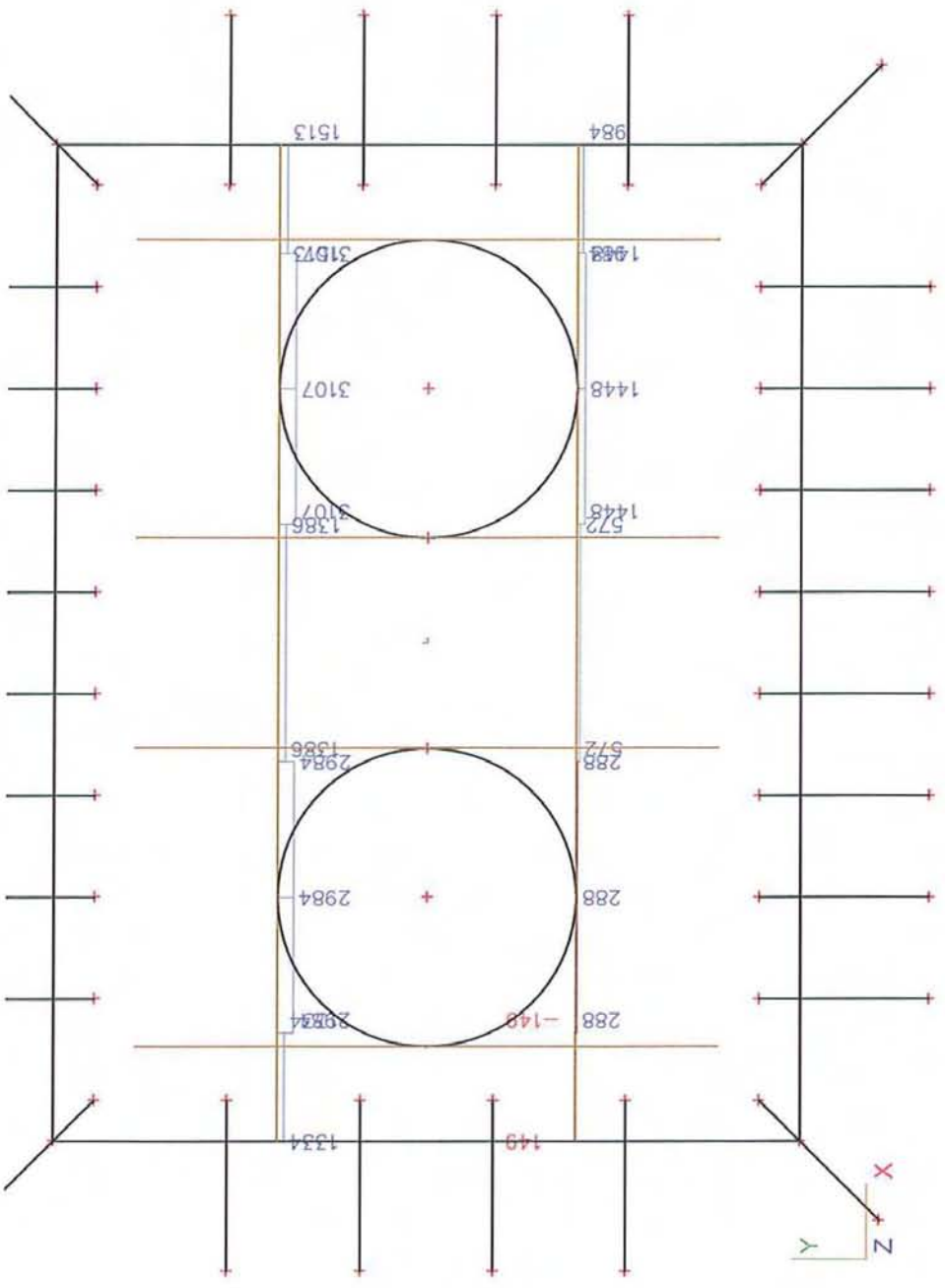
19.1. Onderwapening

19.1.1. Myd- UGT



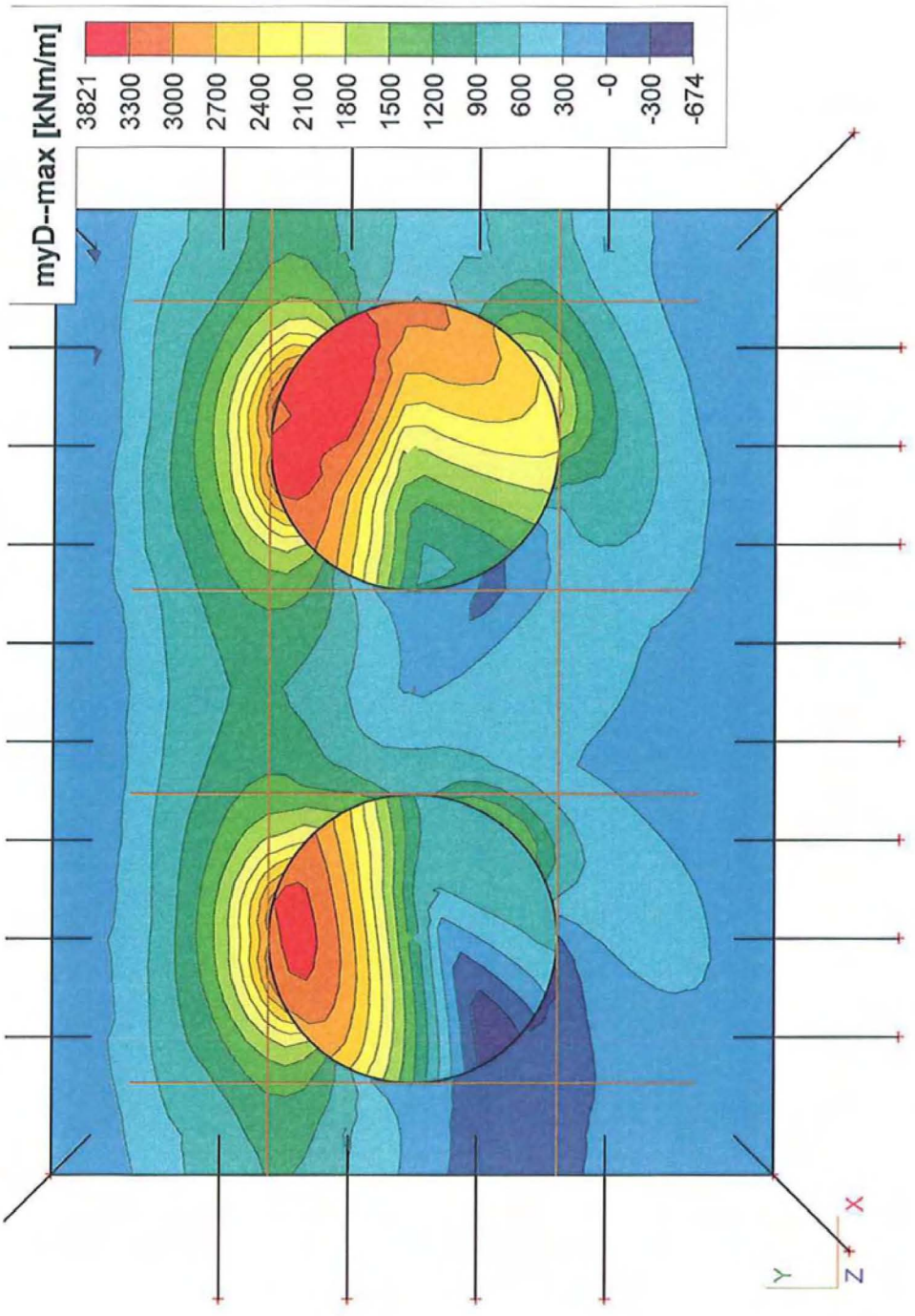
C-19

19.1.2. Myd- UGT

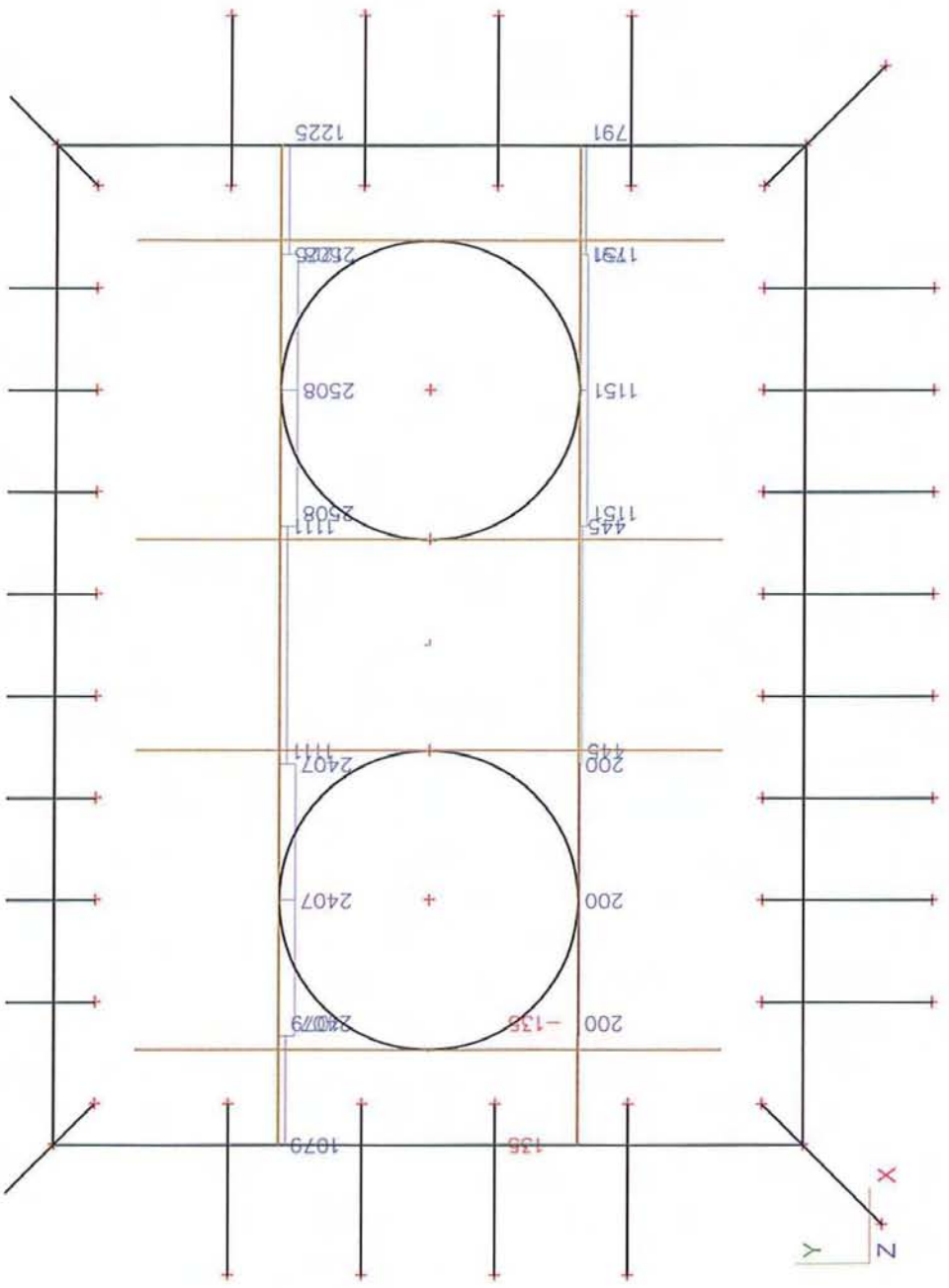


C-20

19.1.3. Myd- BGT


myD--max [kNm/m]
3821
3300
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
-0
-300
-674
X
Y
Z

19.1.4. Myd- BGT

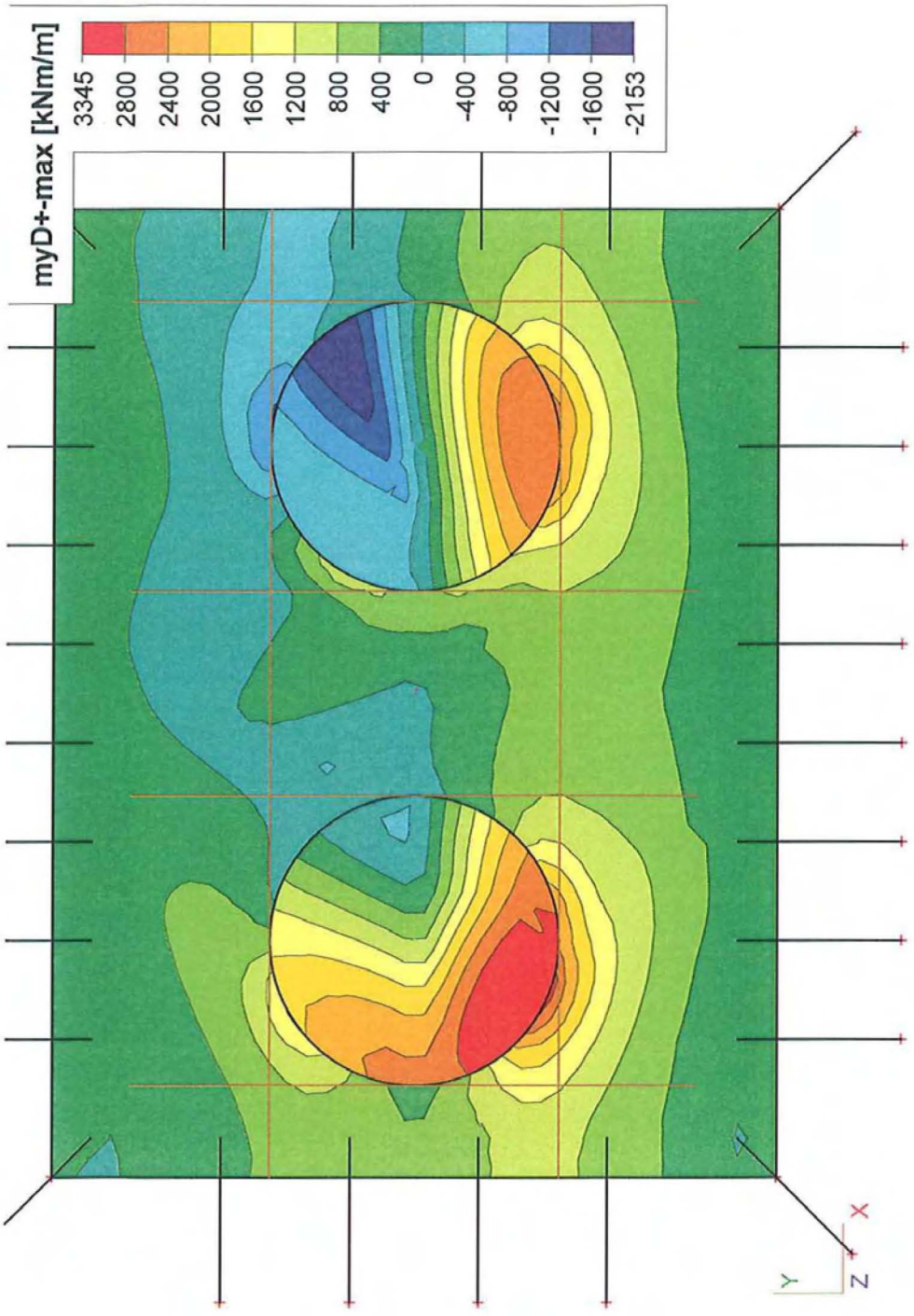


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-22

19.2. Bovenwapening

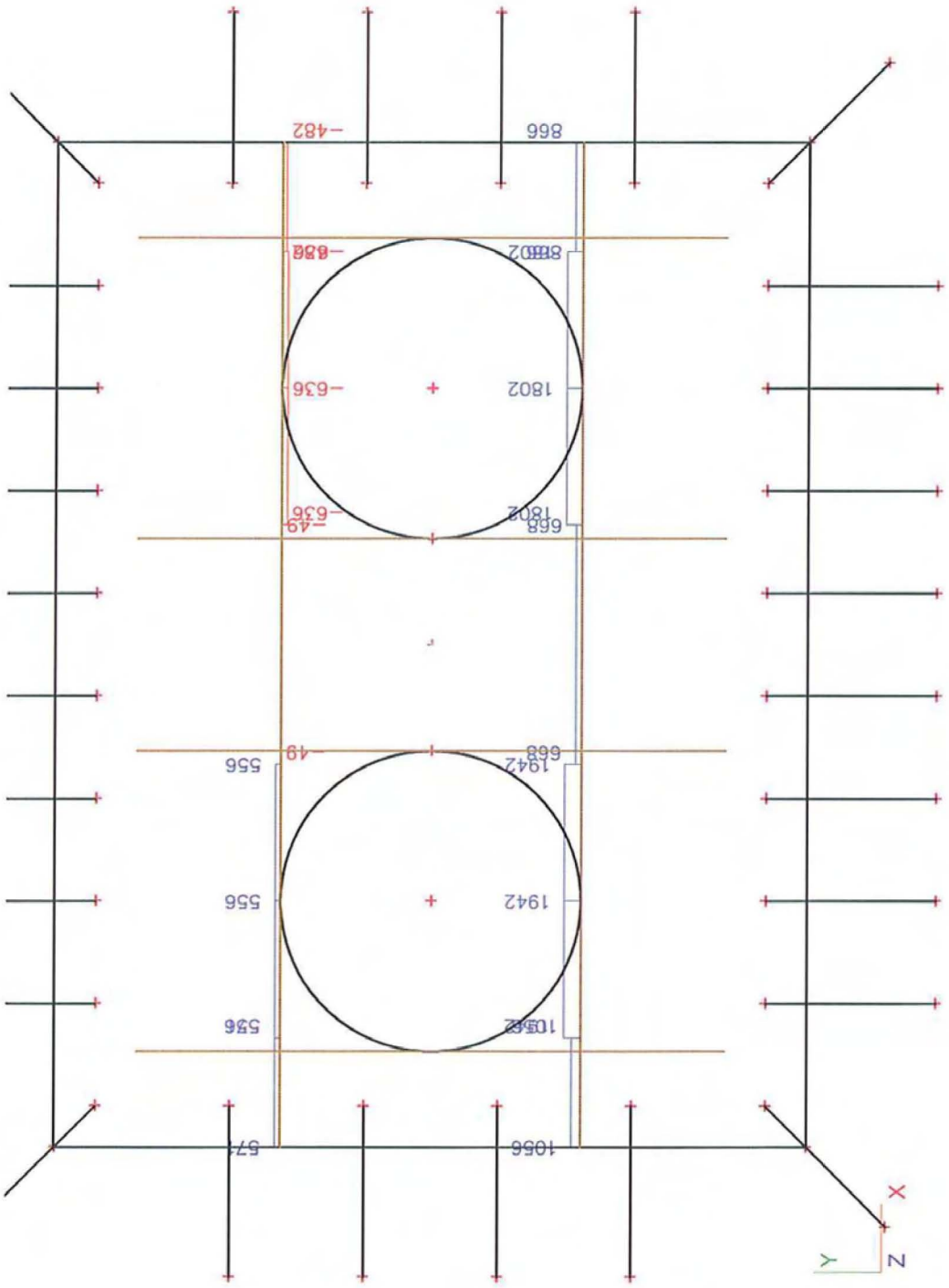
19.2.1. Myd+ UGT



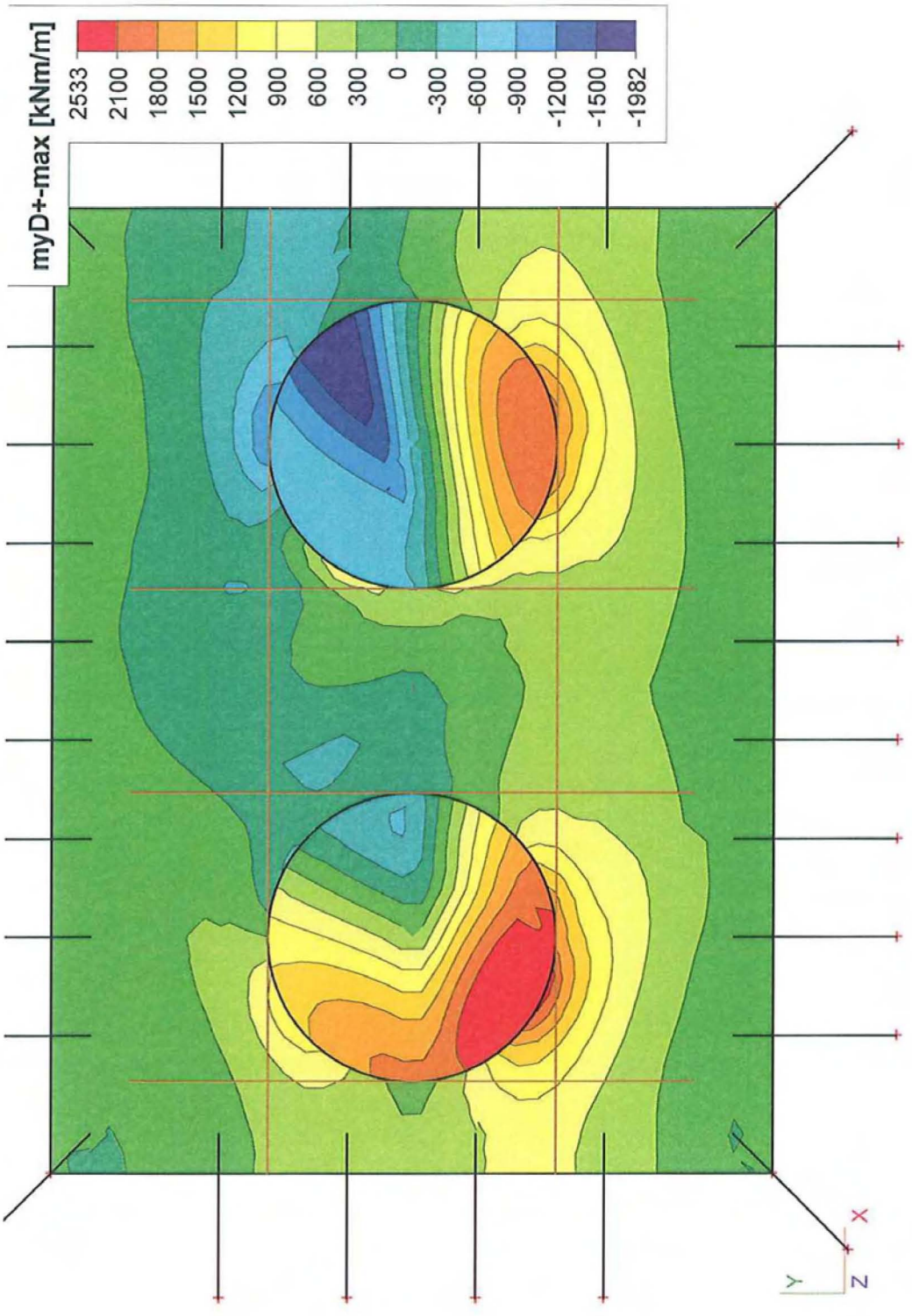
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-23

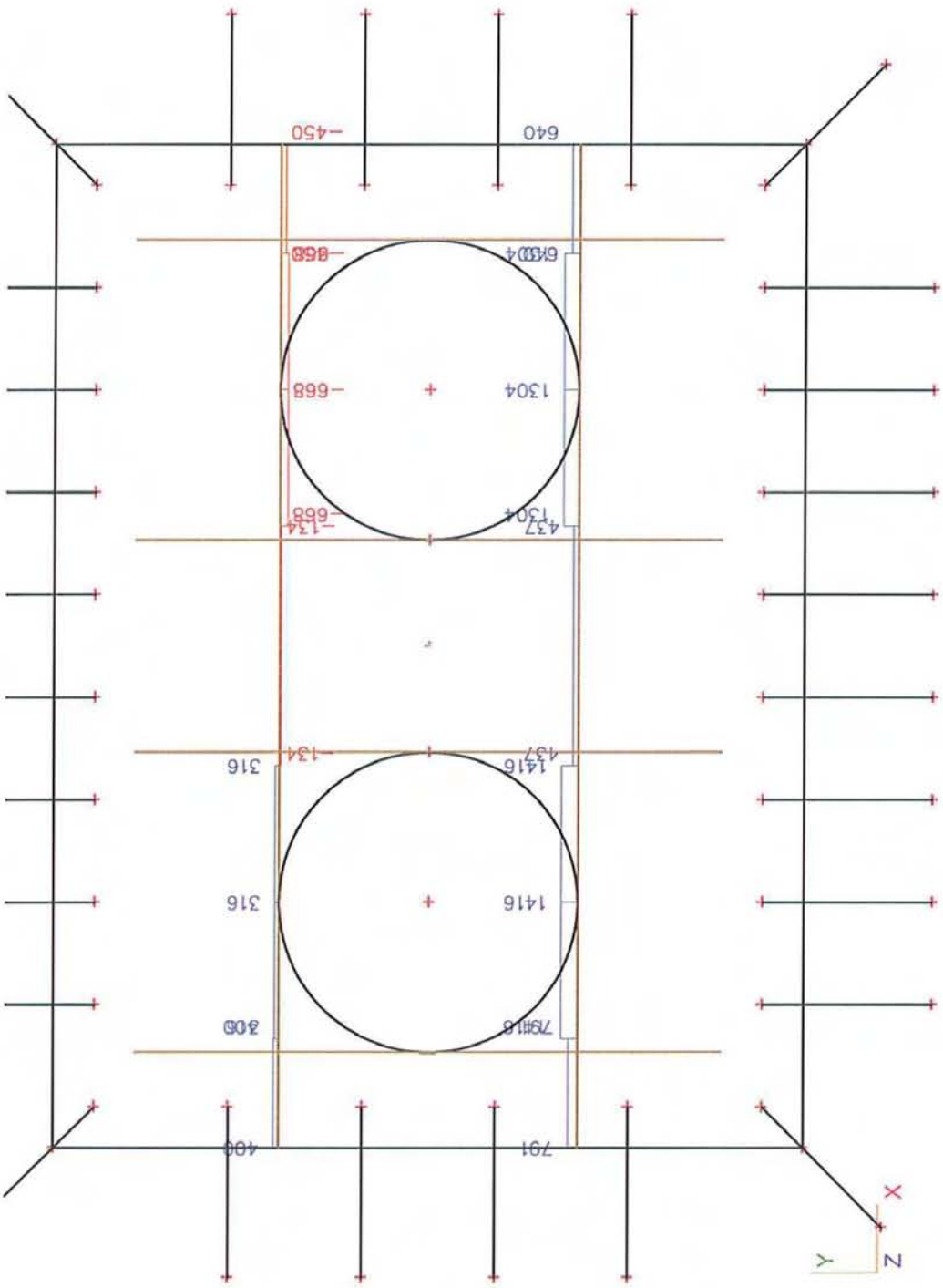
19.2.2. Myd+ UGT



19.2.3. Myd+ BGT


myD+-max [kNm/m]
2533
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
-300
-600
-900
-1200
-1500
-1982
X
Y
Z

19.2.4. Myd+ BGT

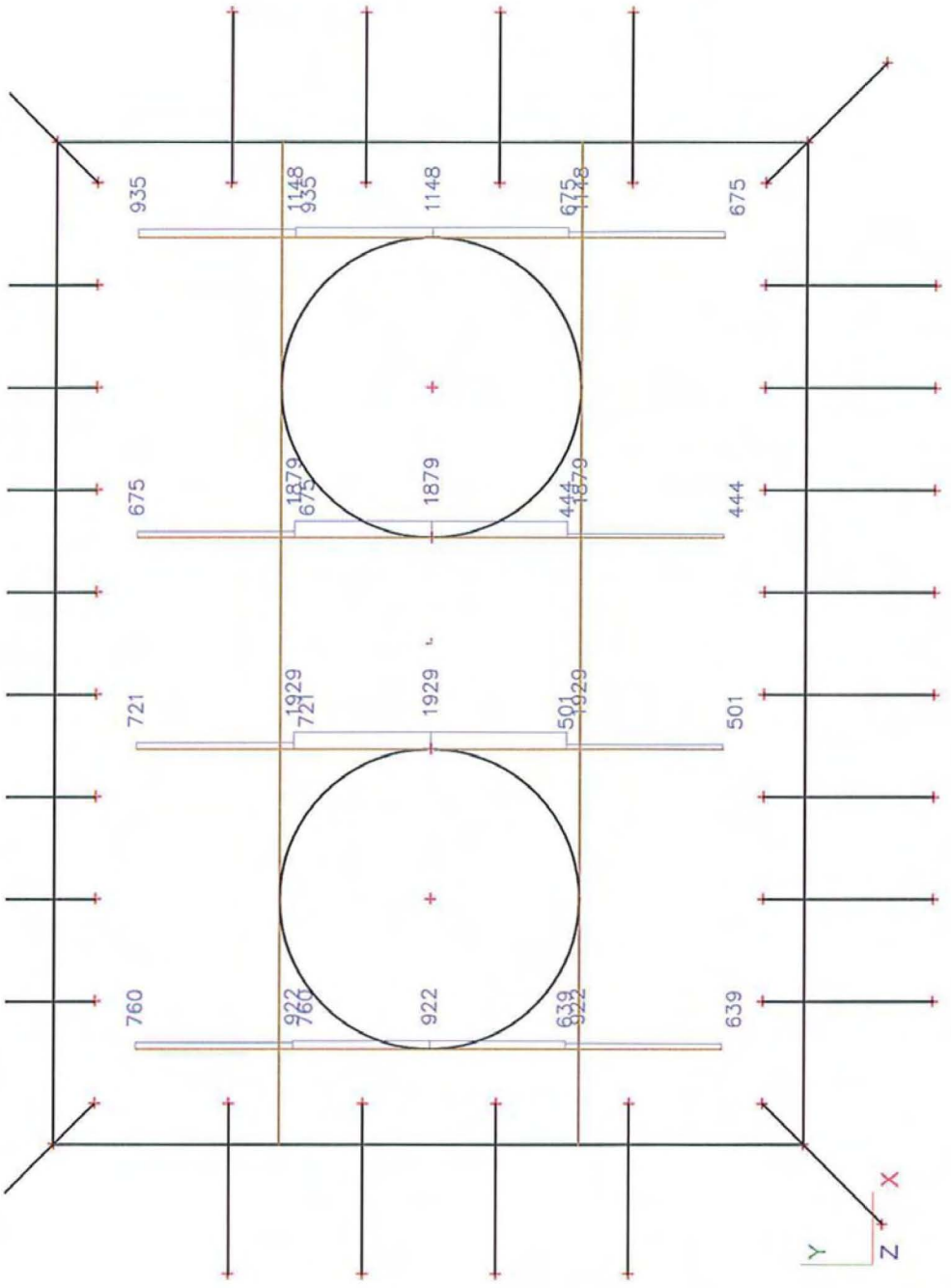


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

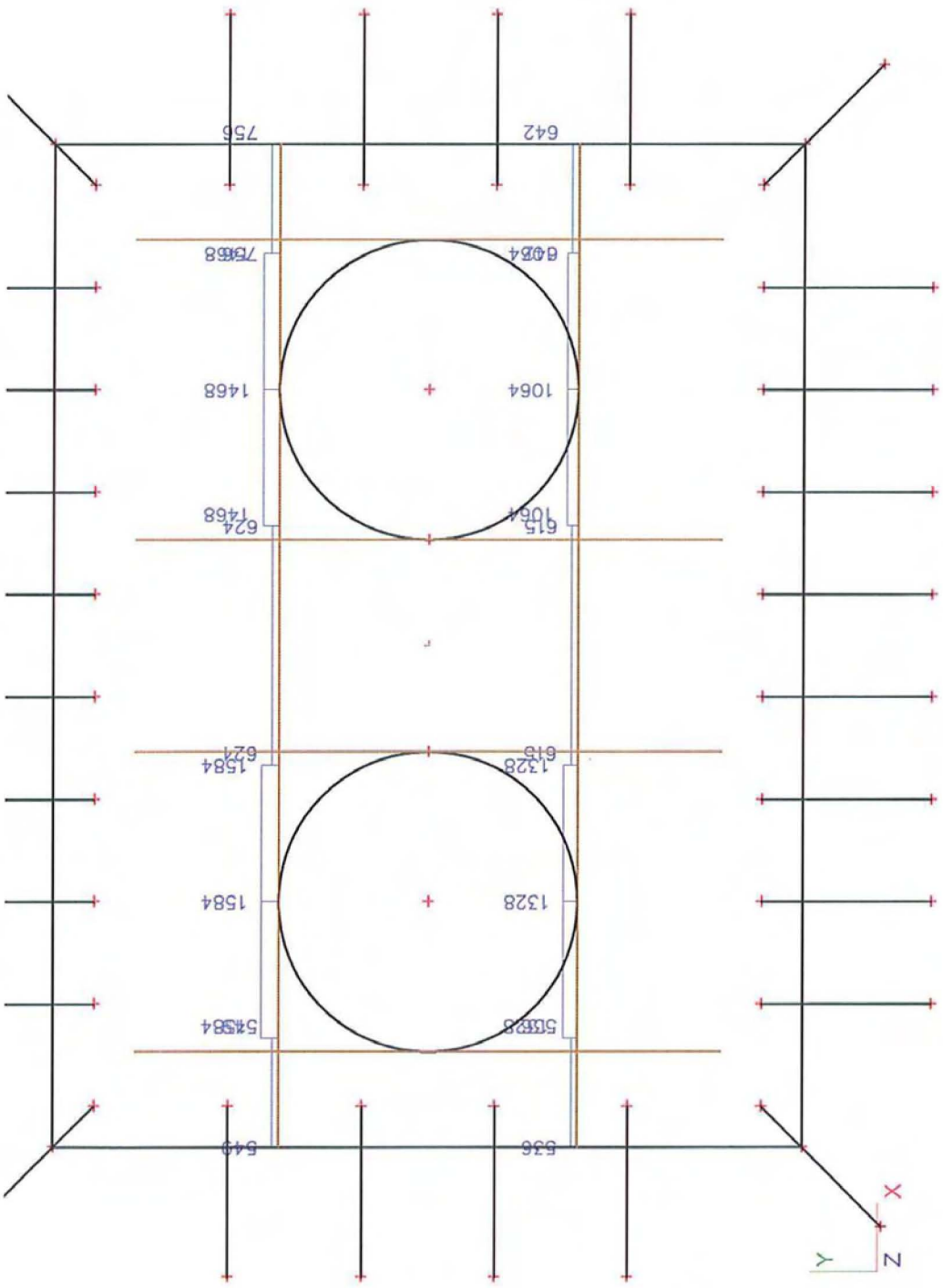
C-26

20. Dwarskracht

20.1. q-maxb



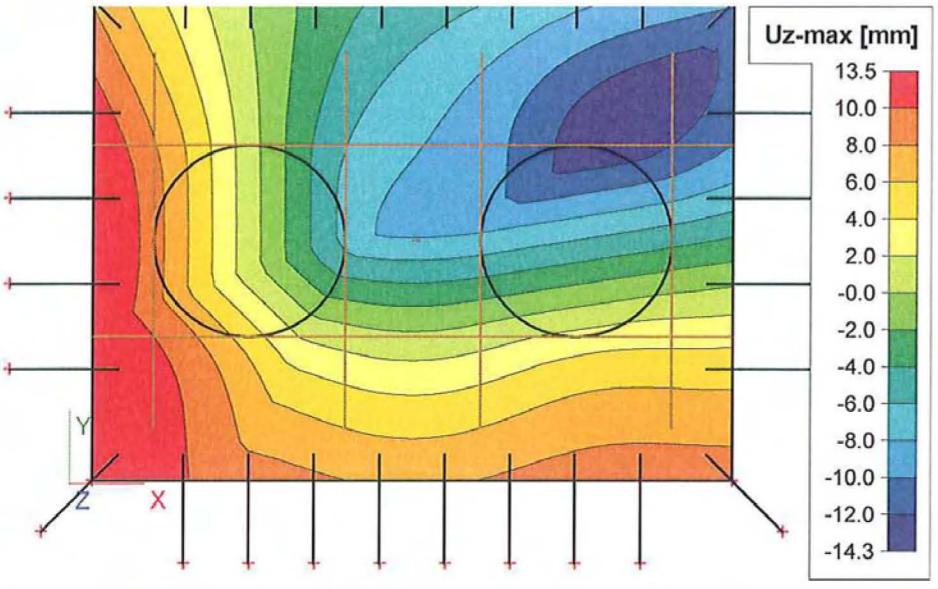
20.2. q-maxb



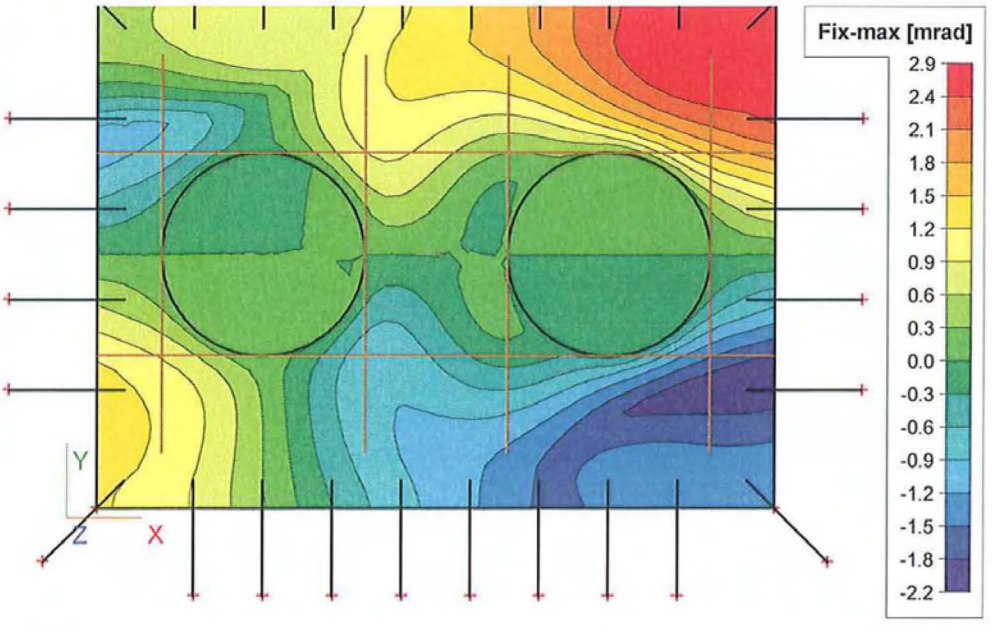
C-28

21. Rotatie en verplaatsing

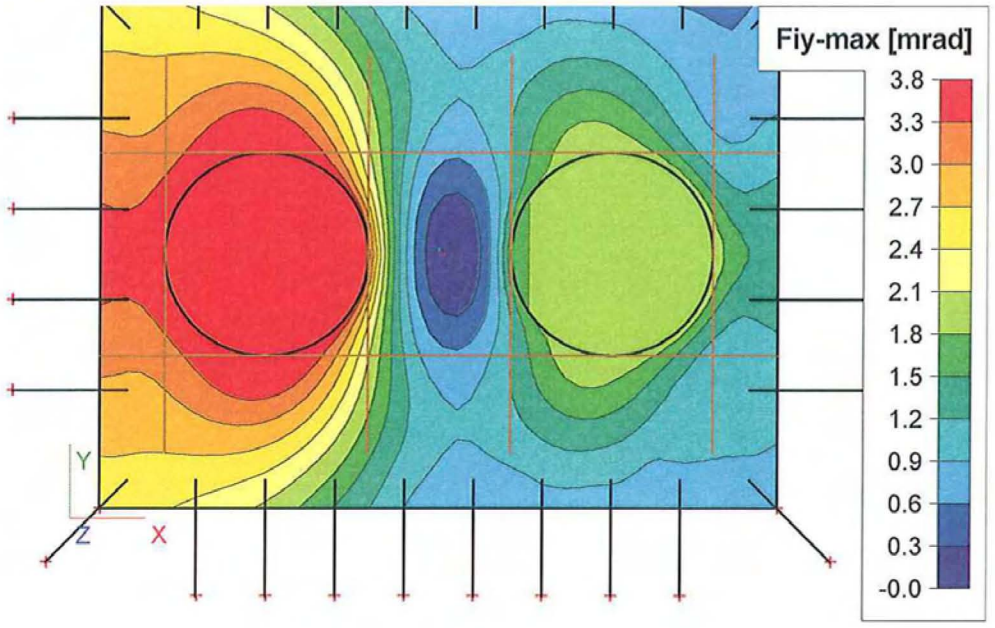
21.1. Uz BGT



21.2. Phi x BGT



21.3. Phi Y BGT



22. Paalkrachten

22.1. Interne krachten in staaf

Niet-lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S28	BC7: Druk1	0,000	**-1513**	-6	33	0	-40	15
S20	BC12: Trek3	0,000	**781**	-14	-18	0	15	17
S15	BC7: Druk1	0,000	-828	**-38**	23	0	-59	**54**
S7	BC7: Druk1	0,000	-828	**38**	23	0	-59	**-54**
S26	BC12: Trek3	0,000	771	1	**-28**	0	**37**	8
S24	BC9: Druk3	0,000	-1199	-1	**47**	0	**-88**	-9
S25	BC10: Trek1	1500,001	490	1	-13	**0**	2	-19
S26	BC10: Trek1	1500,001	490	-1	-13	**0**	2	19

22.2. Interne krachten in staaf

Niet-lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : Alle BGT

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S28	BC1: Druk1	0,000	**-1217**	-5	27	0	-32	12
S26	BC6: Trek3	0,000	**555**	0	**-20**	0	**23**	7
S15	BC1: Druk1	0,000	-659	**-31**	18	0	-47	**43**
S7	BC1: Druk1	0,000	-659	**31**	18	0	-47	**-43**
S24	BC3: Druk3	0,000	-969	-1	**38**	0	**-71**	-7
S25	BC4: Trek1	1500,001	331	0	-9	**0**	-2	-15
S26	BC4: Trek1	1800,000	331	0	-9	**0**	-4	15

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen :	Aantal staven :	Aantal platen :	Aantal vaste lichamen :	Aantal gebruikte doorsneden :	Aantal belastingsgevallen :	Aantal gebruikte materialen :	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	EC - EN	Scia Engineer 10.1.556	Algemeen XYZ	Geavanceerd	64	28	1	0	1	8	3	Controle invoer van Poertype R lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa	S:\HI\BREIJN\SIV na 1 mei (C&G plaatmodel poer

2. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/mm³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	45,00
C30/37 Geen EG	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00

3. Niet-lineaire functies

Naam	Type	u / F [m,MN]	u / F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	Vrij

4. Lastgroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

5. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
BG1	Eigengewicht Beton	Permanent	LG1	Eigen gewicht		-Z		
BG2	GWS laag	Permanent	LG1	Standaard				
BG3	GWS hoog	Permanent	LG1	Standaard				
BG4	Grondwater	Permanent	LG1	Standaard				
BG5	BGT eigengewicht mast	Permanent	LG1	Standaard				
BG6	BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG7	BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen

6. Niet-lineaire combinaties

7. Resultaatklasses

Naam
Alle UGT
Alle BGT

8. Solver- en netinstellingen

Negeer dwarskrachtvervormingen (Ay, Az >> A)	✓
Verdeling op consoles en variabele staven	5

(-32

Pas de knoopverfijning toe	Geen staven
Buigtheorie van plaat/schaal berekening	Kirchhoff
Type solver	Direct
Aantal diktes van plaatrib	20
Aantal sneden op gemiddelde staaf	10
Maximaal toelaatbare verplaatsing [mm]	1000,0
Maximaal toelaatbare rotatie [mrad]	100,0
Maximum aantal iteraties	50
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0,001
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [mm]	300,000
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Minimum lengte van staafelement [mm]	100,000
Maximum lengte van staafelement [mm]	100000,000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [mm]	1000,000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	×
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	×
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Rand van vooraf gedefinieerd net vloeiend maken	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30,0
Verh. voorgedefinieerd net	1,5
Wapeningscoëfficiënt	1
Zwevende knopen voor voorspanning	×

9. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
Poer	C30/37	900	konstant	vloer (90)	Laag1

10. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Opstort 1 Midden	Poer 900	C45/55	konstant 2700	K43 K40 As	Cirkel door centrum en straal
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Opstort 2	Poer	C45/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K44 K42 As	Cirkel door centrum en straal

11. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K1	0,000	0,000	0,000
K34	600,000	600,000	0,000
K40	3600,000	5500,000	0,000
K42	11100,000	5500,000	0,000
K43	5800,000	5500,000	0,000
K44	8900,000	5500,000	0,000
K45	14700,000	0,000	0,000
K46	14700,000	11000,000	0,000
K47	0,000	11000,000	0,000
K48	2100,000	600,000	0,000
K49	3600,000	600,000	0,000
K50	5100,000	600,000	0,000
K51	6600,000	600,000	0,000
K52	8100,000	600,000	0,000
K53	9600,000	600,000	0,000

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K54	11100,000	600,000	0,000
K55	12600,000	600,000	0,000
K56	14100,000	600,000	0,000
K57	600,000	2560,000	0,000
K60	600,000	10400,000	0,000
K61	2100,000	10400,000	0,000
K62	3600,000	10400,000	0,000
K63	5100,000	10400,000	0,000
K64	6600,000	10400,000	0,000
K65	8100,000	10400,000	0,000
K66	9600,000	10400,000	0,000
K67	11100,000	10400,000	0,000
K68	12600,000	10400,000	0,000
K69	14100,000	10400,000	0,000
K70	14100,000	2560,000	0,000
K73	3600,000	-1900,000	-25000,000
K74	5100,000	-1900,000	-25000,000
K75	6600,000	-1900,000	-25000,000
K76	8100,000	-1900,000	-25000,000
K77	9600,000	-1900,000	-25000,000
K78	11100,000	-1900,000	-25000,000
K79	12600,000	-1900,000	-25000,000
K80	2100,000	-1900,000	-25000,000
K81	3600,000	12900,000	-25000,000
K82	5100,000	12900,000	-25000,000
K83	6600,000	12900,000	-25000,000
K84	8100,000	12900,000	-25000,000
K85	9600,000	12900,000	-25000,000
K86	11100,000	12900,000	-25000,000
K87	12600,000	12900,000	-25000,000
K88	2100,000	12900,000	-25000,000
K90	16600,000	2560,000	-25000,000
K92	-1900,000	2560,000	-25000,000
K95	15868,000	-1168,000	-25000,000
K96	15868,000	12168,000	-25000,000
K97	-1168,000	12168,000	-25000,000
K98	-1168,000	-1168,000	-25000,000
K99	600,000	4520,000	0,000
K100	-1900,000	4520,000	-25000,000
K101	14100,000	4520,000	0,000
K102	16600,000	4520,000	-25000,000
K103	600,000	6480,000	0,000
K104	-1900,000	6480,000	-25000,000
K105	16600,000	6480,000	-25000,000
K106	14100,000	6480,000	0,000
K107	600,000	8440,000	0,000
K108	-1900,000	8440,000	-25000,000
K109	16600,000	8440,000	-25000,000
K110	14100,000	8440,000	0,000

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn10 K90	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14 K96	GCS	Standaard Rx4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn15 K95	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22 K92	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25 K97	GCS	Standaard Rx4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26 K98	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn1 K73	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K74	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3 K75	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K76	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K77	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K78	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7 K79	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27 K87	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28 K86	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29 K85	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30 K84	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31 K83	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32 K82	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33 K81	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34 K88	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35 K80	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36 K100	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37 K102	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38 K104	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 K105	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 K108	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41 K109	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Systeem Locatie
GFF1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF10	GCS Lengte
GFF2	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF12	GCS Lengte
GFF3	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF14	GCS Lengte
GFF4	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF16	GCS Lengte
GFF5	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF9	GCS Lengte
GFF6	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF15	GCS Lengte

14. Vrije oppervlakte last

Naam, Belastingsgeval	FF9	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF10	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF12	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF13	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF14	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	

Naam, Belastingsgeval	FF15	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF16	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	

15. Lasten op oppervlak

Naam	SF1	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-29	
Naam	SF5	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF17	

2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF18	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	-52	
Naam	SF19	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	-52	
Naam	SF20	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF21	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF22	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF23	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF28	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	
Naam	SF29	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	

16. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	1943
Aantal 1D elementen	784
Aantal netknopen	2724
Aantal vergelijkingen	16344
Belastinggevallen	BG1

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

Calc protokol	
Aantal 2D elementen	1943
Aantal 1D elementen	784
Aantal netknopen	2724
Aantal vergelijkingen	16344
	BG2
	BG3
	BG4
	BG6
	BG7
	BG8
	BG5
Buigtheorie	Kirchhoff
Start berekening	16.08.2012 12:52
Einde berekening	16.08.2012 12:52

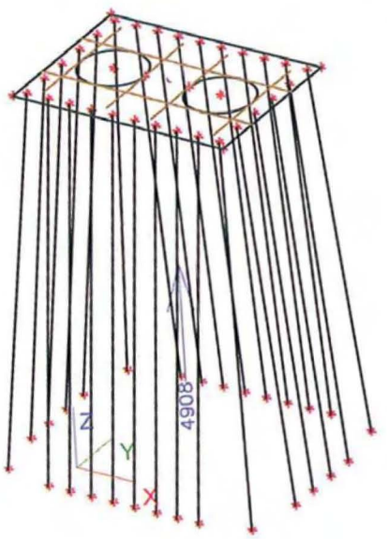
Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG1	last	0.0	0.0	-4907.8
	knoopreacties	-0.0	-0.0	4907.8
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG2	last	0.0	0.0	-3350.1
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3350.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG3	last	0.0	0.0	-3744.2
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3744.2
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG4	last	0.0	0.0	3072.3
	knoopreacties	0.0	0.0	-3072.3
	lijnreactions	-0.0	-0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG6	last	1573.8	0.0	-0.1
	knoopreacties	-756.3	0.0	0.1
	lijnreactions	-817.5	-0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG7	last	0.0	-1573.8	0.0
	knoopreacties	-0.0	-1079.2	-0.0
	lijnreactions	0.0	2653.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG8	last	1112.9	1112.9	-0.1
	knoopreacties	-534.8	-824.5	0.1
	lijnreactions	-578.1	-288.4	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG5	last	0.0	0.0	-1510.1
	knoopreacties	-0.0	-0.0	1510.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

17. Controle invoer

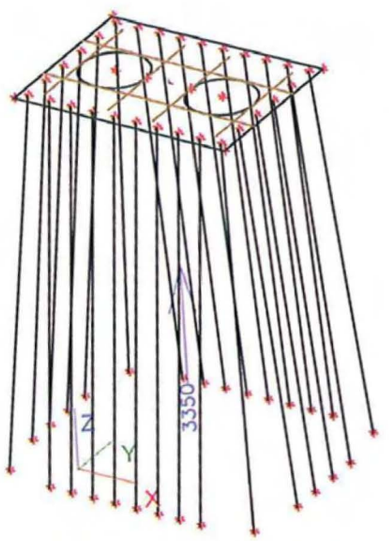
18. BG1 (eigengewicht)

$F_v = \left[11 \cdot 14{,}7 \cdot 0{,}9 + \frac{2}{4}\pi\, 4{,}4^2 \cdot 1{,}7\right] \cdot 25 = 4930\ kN$



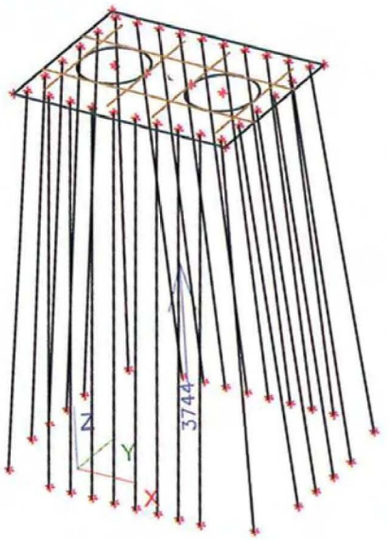
19. BG2: GWS laag

$F_v = 3348\ kN$ + 7% paragraaf 3.7.2



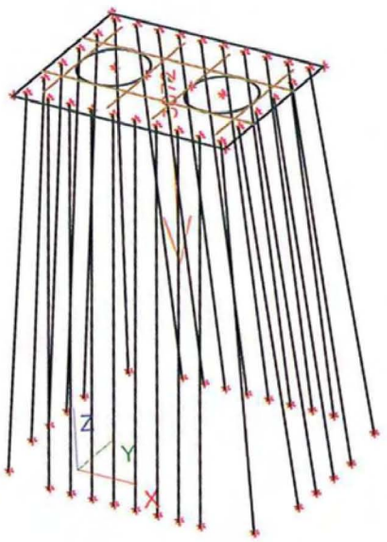
20. BG3: GWS hoog

$F_v = 3742$ kN → zie paragraaf 3.2.2

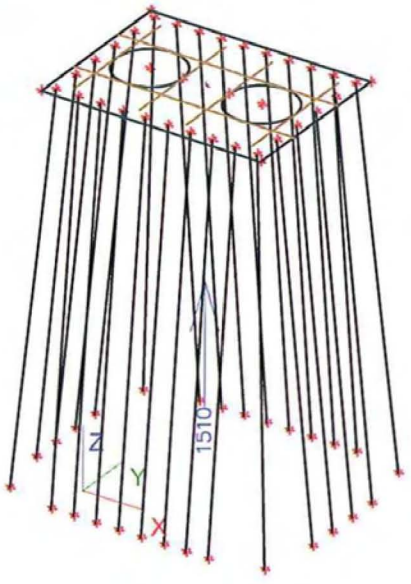


21. BG4: Grondwater

$F_v = -3072$ kN → zie paragraaf 3.2.3

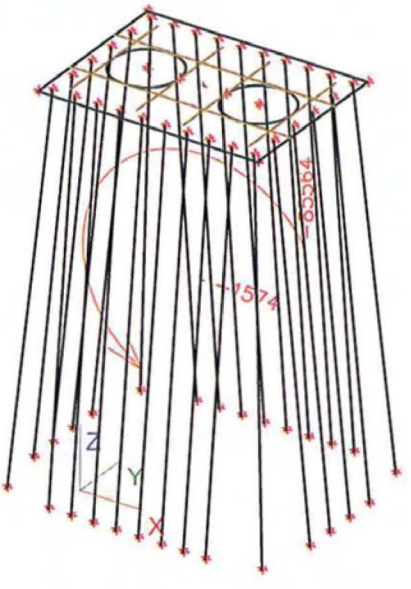


22. BG5: EG mast



$F_V = 2 \cdot 757 = 1514$ kN h

23. BG6: Mast X-richting

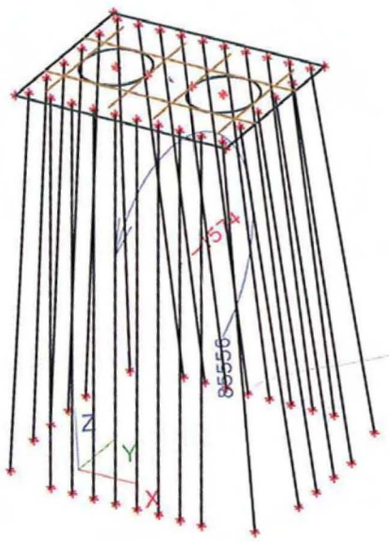


$F_H = 2 \cdot 789 = 1578$ kN h

$M = 2 \cdot 33709 + 1578 \cdot 12{,}5 = 87143$ kNm h

$\overset{\shortparallel}{l_{pool}/2}$

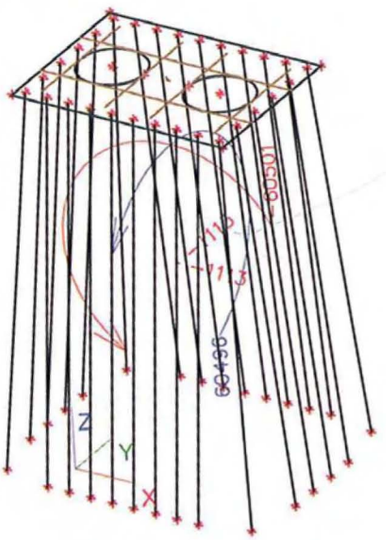
24. BG7: Mast Y-richting



$F_H = 2.789 = 1578\ kN$

$M = 2.33709 + 1578.17{,}5 = 87143\ kNm$

25. BG8: Mast X-Y-richting



$F_H = \sqrt{2.1113^2} = 1574\ kN$

$F_H = 2.789 = 1578\ kN$

$M = \sqrt{2.60496^2} = 85554\ kNm$

Bijlage D: Berekening wapening plaat

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N poer
Onderdeel: Strook 1&3, onderwapening x-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

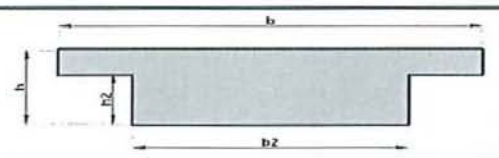
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	751	936	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	12	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	812	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	1131	0	mm2/m

Dekking O.K. — Buigtrekwapening: 50 mm — Langswapening: 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	3142	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu: 1087 kNm — O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	2,88%	-0,35%	2,77%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	492	0	kN

N'b	1367	kN
y	35	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	91	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	444	mm	d	831 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1098	mm²	O.K.	As;min 1	1098	mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	437	mm²	O.K.	As;min 2	3358	mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.			
A_{stot}	3142	mm²				

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning: Nee — alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk): 0,407 mm — O.K.

Wk max * Kx: 0,50 mm

Wk max: 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,163%	-0,07%	0,15%	-0,07%	
σ_s	326	-139	309	-139	N/mm²
N_s	655	0	350	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,070%	-0,179%
σ'c	7,96	-20,45

x	252	mm
Sr;max	319	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00128	
σs	326	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01827	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

D-1

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R38.5N
Onderdeel:	Strook 2, onderwapening x-richting
Datum:	20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

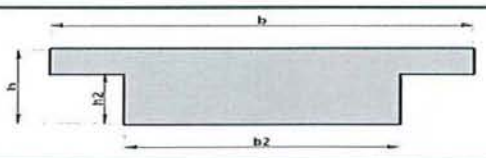
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	2237	2750	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	25	0	25	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	806	0	774	0	mm
Betonstaaloppervlak	4909	0	4909	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	9817	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0{,}6\ fck$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 2899 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,64%	-0,35%	0,60%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	2135	0	2135	0	kN

N'b	4271	kN
y	111	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	285	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	422	mm	d	790 mm

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1158	mm^2	O.K.	As;min 1	1158 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	652	mm^2	O.K.	As;min 2	11528 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	9817	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,403 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,178%	-0,16%	0,16%	-0,16%	
σ_s	356	-313	330	-313	N/mm^2
N_s	1748	0	1618	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,156%	-0,217%
$\sigma'c$	17,87	-24,84

x	377	mm
Sr;max	246	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00164	
σs	356	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,05628	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

D-2

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38,5N
Onderdeel: Strook 1&3, bovenwapening x-richting
Datum: 20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen (J/N) N

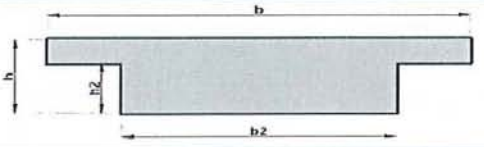
KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	279	418	kNm

Q

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	0	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	810	0	818	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	0	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	2011	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 689 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	4,51%	-0,35%	4,56%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	0	0	kN

N'b	875	kN
y	23	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	58	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	433	mm	d	810 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1127	mm²	O.K.	As;min 1 1127 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	357	mm²	O.K.	As;min 2 1508 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.	
A_{stot}	2011	mm²		

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,266 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm
Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,094%	-0,03%	0,09%	-0,03%	
σ_s	187	-64	190	-64	N/mm²
N_s	376	0	0	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,032%	-0,108%
σ'c	3,65	-12,29

x	206	mm
Sr;max	474	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00056	
σs	187	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,00894	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

D-3

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R-poer
Onderdeel:	Strook 2, bovenwapening x-richting
Datum:	20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

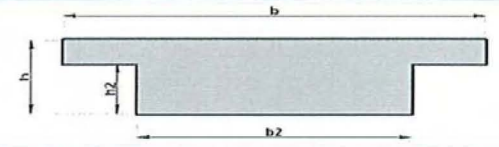
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1385	1827	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	20	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	815	0	780	0	mm
Betonstaaloppervlak	3142	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	6283	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0,6$ fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1986 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,22%	-0,35%	1,15%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	1367	0	1367	0	kN

N'b	2733	kN
y	71	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	182	mm	
Maximale betondrukzone Xumax	426	mm	
ecu3	0,0035	%	
d	798	mm	

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1146	mm^2	O.K.	As;min 1	1146 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	559	mm^2	O.K.	As;min 2	7164 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	6283	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,395 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,166%	-0,11%	0,15%	-0,11%	
σ_s	331	-217	307	-217	N/mm^2
N_s	1040	0	966	0	kN

	Boven	Onder
$\varepsilon'c$	0,109%	-0,194%
$\sigma'c$	12,42	-22,18

x	323	mm	
Sr;max	274	mm	
K2	0,5		Buiging
K1	0,8		
(εsm-εcm)	0,00144		
σs	331		
kt	0,4		Langeduur belasting
pp.eff	0,03267	N/mm^2	
αe	6,09		
Es	200000		
Kx=(c/cmin)	1,67		
ξ1	1,00		
$\Sigma M =$	0		
$\Sigma N =$	0		

D-4

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 4&8, onderwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

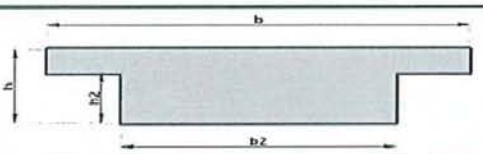
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1225	1513	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	812	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1716 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,62%	-0,35%	1,55%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	1367	0	kN

N'b	2241	kN
y	58	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	149	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	440	mm	d	824 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1108	mm²	O.K.	As;min 1	1108 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	529	mm²	O.K.	As;min 2	5625 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	5152	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,394 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,170%	-0,10%	0,16%	-0,10%	
σ_s	341	-194	322	-194	N/mm²
N_s	685	0	1011	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,097%	-0,189%
σ'c	11,10	-21,58

x	306	mm
Sr;max	271	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00145	
σs	341	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,02701	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 5& 7, onderwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

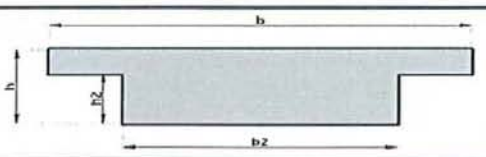
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	2508	3107	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	20	0	32	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	100	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	840	840	810	0	mm
Betonstaaloppervlak	3142	0	8042	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3	
W_o	1,35E+08	mm3	
A_{stot}	11184	mm2	

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0,6$ fck	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 3368 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,56%	0,56%	0,52%	-0,35%	
σ_s	435	435	435	-435	N/mm^2
N_s	1367	0	3498	0	kN

N'b	4865	kN
y	126	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu 324 mm
Maximale betondrukzone Xumax 438 mm

ecu3	0,0035 %
d	818 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1115	mm^2	O.K.
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	698	mm^2	O.K.
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.
A_{stot}	11184	mm^2	

As;min 1	1115	mm^2
As;min 2	12682	mm^2

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,353 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm
Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,172%	0,17%	0,16%	-0,16%	
σ_s	345	345	321	-318	N/mm^2
N_s	1083	0	2581	0	kN

	Boven	Onder
$\varepsilon'c$	0,159%	-0,196%
$\sigma'c$	18,18	-22,40

x	403	mm
Sr;max	220	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00160	
σs	345	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,06753	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

UITVOER

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R38.5N
Onderdeel:	Strook 6, onderwapening y-richting
Datum:	20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

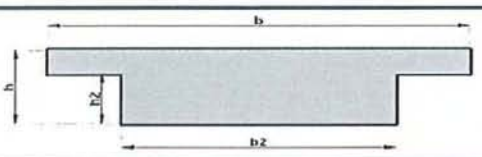
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1111	1386	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	800	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0{,}6\ fck$	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1699 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,62%	-0,35%	1,52%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	875	0	1367	0	kN

N'_b	2241	kN
y	58	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	149	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	437	mm	d	816 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1118	mm^2	O.K.	As;min 1	1118 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	526	mm^2	O.K.	As;min 2	5174 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	5152	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,364 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,158%	-0,09%	0,15%	-0,09%	
σ_s	316	-179	292	-179	N/mm^2
N_s	636	0	916	0	kN

	Boven	Onder
εc	0,089%	-0,175%
$\sigma' c$	10,21	-20,02

x	304	mm
Sr;max	275	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00132	
σs	316	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,02593	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	**2410010-Tennet Noordringnoord**
Werk:	**Buigwapening R38.5N**
Onderdeel:	**Strook 4&8, bovenwapening y-richting**
Datum:	**20 augustus 2012**

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

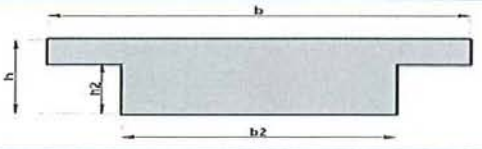
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	791	1056	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	12	0	16	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	844	0	804	0	mm
Betonstaaloppervlak	1131	0	2011	0	mm2/m

Dekking O.K. — Buigtrekwapening 50 mm — Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	3142	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0{,}6\ fck$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu: 1070 kNm — O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	2,89%	-0,35%	2,74%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	492	0	875	0	kN

N'_b	1367	kN
y	35	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu: 91 mm
Maximale betondrukzone Xumax: 438 mm

ecu3	0,0035 %
d	818 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1116	mm^2	O.K.
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	433	mm^2	O.K.
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.
A_{stot}	3142	mm^2	

As;min 1	1116	mm^2
As;min 2	3873	mm^2

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning: Nee — alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk): 0,416 mm — O.K.

Wk max * Kx: 0,50 mm
Wk max: 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,179%	-0,08%	0,17%	-0,08%	
σ_s	358	-151	334	-151	N/mm^2
N_s	404	0	671	0	kN

	Boven	Onder
$\varepsilon'c$	0,075%	-0,196%
$\sigma'c$	8,60	-22,36

x	250	mm
Sr;max	302	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00138	
σs	358	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01540	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

D-8

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	**2410010-Tennet Noordringnoord**
Werk:	**Buigwapening R38.5N**
Onderdeel:	**Strook 5& 7, bovenwapening y-richting**
Datum:	**20 augustus 2012**

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

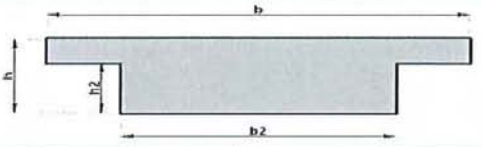
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1416	1942	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	25	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	810	0	765,5	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	4909	0	mm2/m

W_b	1,35E+08	mm3		
W_o	1,35E+08	mm3		
A_{stot}	6919	mm2		

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0{,}6\ fck$	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 2108 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,06%	-0,35%	0,99%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	875	0	2135	0	kN

N'_b	3010	kN
y	78	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	201	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	416	mm	d	778 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1175	mm^2	O.K.	As;min 1	1175 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	571	mm^2	O.K.	As;min 2	7890 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	6919	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,353 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,164%	-0,11%	0,15%	-0,11%	
σ_s	327	-225	297	-225	N/mm^2
N_s	658	0	1457	0	kN

	Boven	Onder
εc	0,112%	-0,194%
$\sigma' c$	12,83	-22,20

x	330	mm
Sr;max	245	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00144	
σs	327	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,03640	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
$\xi 1$	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R38.5N
Onderdeel:	Strook 6, bovenwapening y-richting
Datum:	20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

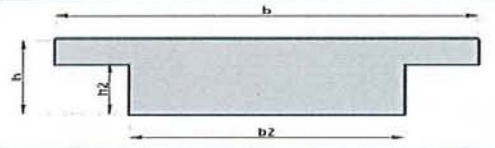
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	437	668	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	12	0	12	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	812	0	774	0	mm
Betonstaaloppervlak	1131	0	1131	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	2262	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0,6\ fck$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 755 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	3,98%	-0,35%	3,78%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	492	0	492	0	kN

N'b	984	kN
y	26	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	66	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	424	mm	d	793 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1152	mm^2	O.K.	As;min 1	1152 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	371	mm^2	O.K.	As;min 2	2491 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	2262	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,305 mm O.K.

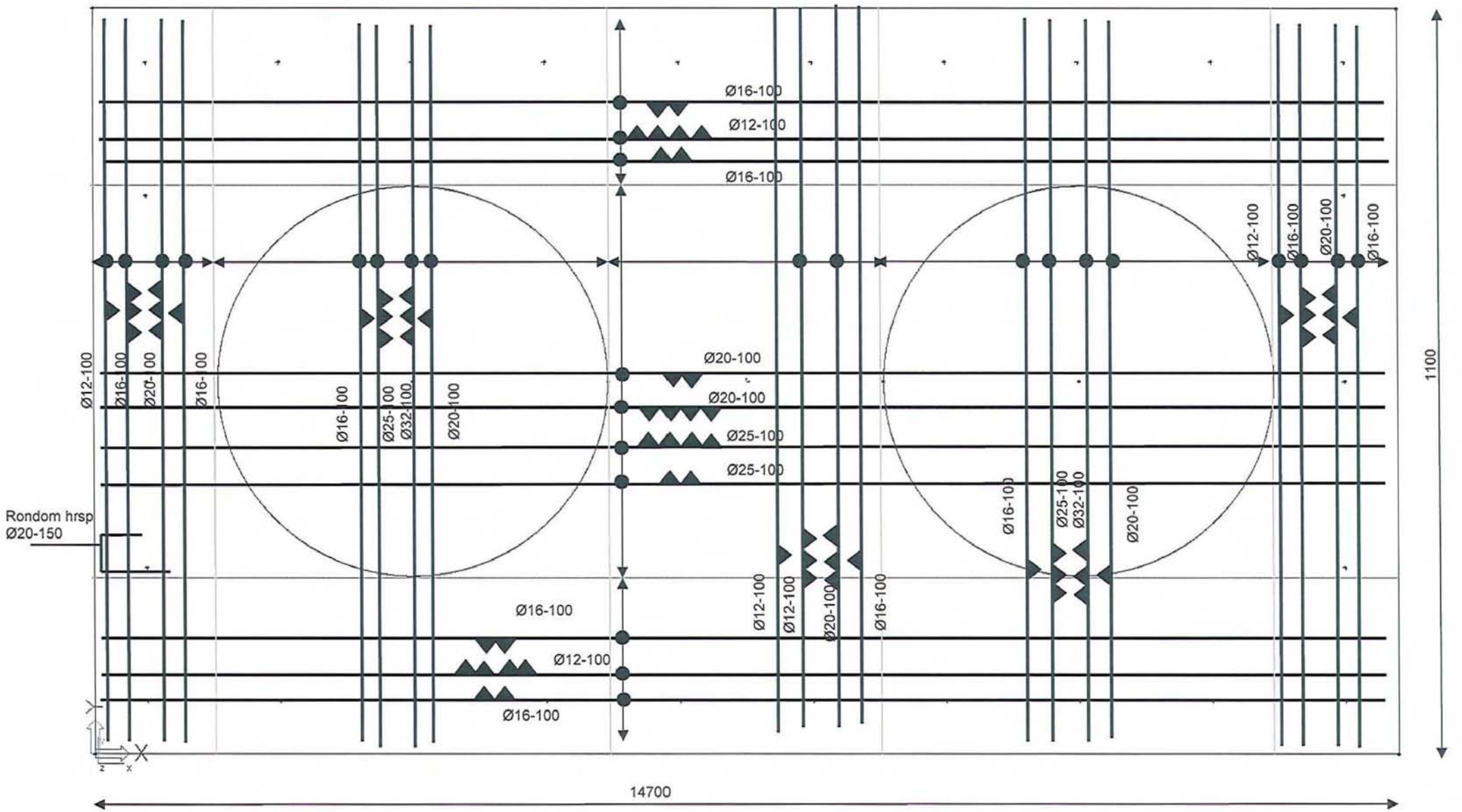
Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,138%	-0,05%	0,13%	-0,05%	
σ_s	276	-99	259	-99	N/mm^2
N_s	312	0	293	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,049%	-0,158%
$\sigma'c$	5,65	-18,11

x	214	mm
Sr;max	368	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00083	
σs	276	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01028	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	



Betonkwaliteit C30/37
MK: XC4
C_{min} =30 mm C = 50 mm
* Buig wapening tot 50 mm vanaf rand plaat

Bijlage E: Berekening dwarskrachtwapening

Berekening dwarskracht Zone 2

$V_d = 1929\ kN/m' \rightarrow$ bbr C-27

Eigencapaciteit doorsnede

$$V_{ndc} = \left[C_{ndc} \cdot k\,(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot G_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d \qquad (6.2.a\ \ EN1992)$$

$$C_{ndc} = 0{,}18/\gamma_c = 0{,}18/1{,}5 = 0{,}12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{(900-50-2.25)}} = 1{,}5$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2}{1000 \cdot (900-50-2.25)} = 0{,}012 \leq 0{,}02 \Rightarrow \rho_1 = 0{,}012$$

$f_{ck} = 30\ N/mm^2$ (C30/37)

k_1 en G_{cp} N.V.T $\Rightarrow$ geen voorspanning of normaalkracht aanwezig.

$b_w = 1000\,mm$

$$d = 900 - \overset{c}{50} - 2 \cdot \overset{\phi_h}{25} = 800\,mm$$

$$V_{ndc} = \frac{0{,}12 \cdot 1{,}5\,(100 \cdot 0{,}012 \cdot 30)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 800}{10^3} = 475\ kN/m' \quad \text{(dwarskracht onder buiging)}$$

$$V_{ndc} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{f_{ctd} + \alpha_1 \cdot G_{cp} \cdot f_{ctd}} \qquad (6.4\ EN1992)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b\, h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 900^3 = 6{,}08 \cdot 10^{10}\ mm^4$$

$b_w = 1000\ mm$

$$S = \frac{1}{2} h \cdot b \cdot \frac{1}{4} h = \frac{1}{8} b h^2 = \frac{1}{8} \cdot 1000 \cdot 900^2 = 1{,}01 \cdot 10^8\ mm^3$$

$f_{ctd} = f_{ctk\,0{,}05}/\gamma_c = 2{,}0/1{,}5 = 1{,}33\ N/mm^2$

α_1 en G_{cp} N.V.T $\Rightarrow$ Geen normaalkracht

$$V_{ndc} = \frac{6{,}08 \cdot 10^{10} \cdot 1000}{1{,}01 \cdot 10^8} \cdot \sqrt{1{,}33^2} / 10^3 = 803\ kN/m' \quad \text{(Tensile shear)}$$

↳ Afwijking met sheet door afronding S en I.

breijn www.breijn.nl	Eigencapaciteit Doorsnede	datum	
		gezien	
		bladnr.	E-1

Berekening benodigde dwarskrachtwapening zone 2

$V_d = 1929\ kN/m'$ $V_{rdc} = 475\ kN/m'$

$V_d > V_{rdc} \Rightarrow$ dwarskrachtwapening nodig

$$A_{sw} = \frac{V_{rds} \cdot s \cdot \tan\theta}{z \cdot f_{yd}} \quad (6.8\ EN\ 1992)$$

$$A_{sw} = \frac{1929 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot \tan 45}{0{,}9 \cdot 800 \cdot 435} = 1232\ mm^2/m'$$

kruis beugel $2 \times \emptyset 20 \Rightarrow A_s = \underset{2\ stk.}{2} \cdot \underset{2\ snedigheid}{2} \cdot \frac{1}{4}\pi 20^2 = 1257\ mm^2$

$$V_{rds} = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd}}{s \cdot \tan\theta} = \frac{1257 \cdot 0{,}9 \cdot 800 \cdot 435}{200 \cdot 1} = 1960\ kN/m'$$

$V_{rds} > V_d \Rightarrow$ Voldoet

breijn www.breijn.nl	Capaciteit beugels	datum	
		gezien	
		bladnr.	E-2

Breijn B.V.

Grootschalige Infra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 2
Datum: 16 augustus 2012

breijn

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1.0

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING Dwarskracht

Discontinuiteit in doorsnede Geen

GEOMETRIE plaat

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Hoogte : h	900	mm
Breedte : b1	1000	mm
Nominale Breedte lijf : b2w,nom	1000	mm
Oppervlak : Ab	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Statisch oppervlakte moment t.o.v. bovenzijde	4,05E+08	mm³
Statisch oppervlakte moment t.o.v. zwaartepunt	1,01E+08	mm³
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

Toegepaste dwarskrachtwapening

Beugels *(1 beugel is 2-snedig)*

Aantal	2	st	hoek α	90	graden
Diameter	,20	mm	hoek α	1,57	radialen
H.o.h	200	mm			
Sl,max	300	mm	hoek θ	45	graden
St,max	600	mm	hoek θ	0,79	radialen

KRACHTSVERDERLING Bijzonder/Fundamenteel: Fundamenteel

Rekenwaarde dwarskracht (V_{ED})	1929	kN
Normaalkracht (- is druk, + is trek)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

BUIGTREKWAPENING

Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm

LANGSWAPENING (wringwapening)

Diameter langswapening 1e laag: 25 mm

As;buigtrek totaal	9817	mm²	Nuttige hoogte	800 mm
Aantal staven	4	st	As langs totaal	1963 mm²

DWARSKRACHT

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON (art.6.2.2(1))

$V_{Rd,c}$ [6.2a] *Afschuifbuigbreuk*	**479**	kN	<<<MAATGEVEND
$V_{Rd,c}$ [6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN	
$V_{Rd,c}$ [6.4] *Afschuiftrekbreuk*	811	kN	
Toets VRd.c>V_{ED} [6.1]	**Voldoet niet**		==> Dwarskrachtwapening nodig

Vmin	0,35	
CRd,c	0,12	
k	1,50	
r1	0,01227	
fck	30	N/mm²
k1	0,15	
scp	0,00	N/mm²
α	1	

MINIMUM DWARSKRACHTWAPENINGVERHOUDING INDIEN VRd.c>VED (9.2.2)

ρw [9.4]	**0,0063**		<<<MAATGEVEND
ρw,min [9.5N]	0,0010		
Minimum dwarskrachtwapening	5655	mm²/m1	
Aanwezige dwarskrachtwapening	6283	mm²/m1	
Toets aanwezig > minimum	Voldoet		

fyk	435	N/mm²
Asw	1257	mm²
s	200	mm
sinα	1,00	
cotα	0,00	

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETONSTAAL (6.2.3)

VRd,s [6.13] *Capaciteit dwarskrachtwapening*	**1968**	kN	<<<MAATGEVEND
VRd,max [6.14] *Afschuifdrukbreuk*	3802	kN	
Toets VRd.s>V_{ED} [6.1]	Voldoet		

fcd	20	N/mm²
fywd	435	N/mm²
cot θ	1,00	
z	720	mm
σcp	0,000	N/mm²
αcw	1,000	
tan θ	1,00	
v1	0,528	

CONTROLE

Dwarskrachtweerstand beton	$V_{RD,c}$ > V_{ED}	479	>	1929	Voldoet niet	art.6.2.2
Minimum dwarskrachtwap.verhouding	Aanwezige dwarskrachtwap > minimale	6283	>	5655	Voldoet	art.6.2.1(4)
Dwarskrachtweerstand staal	$V_{RD,s}$ > V_{ED}	1968	>	1929	Voldoet	art.6.2.3
Detailleringsregels	sl,max > h.o.h afstand beugels langsrichting	300	>	200	Voldoet	art.9.2.2(6)
	sb,max > h.o.h. afstand beugels dwarsrichting	480	>	200	Voldoet	art.9.2.2(7)
	st,max > tussenafstand benen beugels dwarsrichting	600	>	250	Voldoet	art.9.2.2(8)

SCHEURMOMENT DOOR WRINGING (6.3.2 (5)) Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

TRd,c [6.26]	324	KNm
Toets TRd.c>T_{ED}	Voldoet	min. Wap. volgens 9.2.1.1 toepassen voldoet

Ab	900000	mm²
u	3800	mm²
tef,1	236,8	mm
Ak	506094	mm²
fctd	1,35	N/mm²

WRINGWAPENING

As,langs benodigd [6.28]: 0 mm²

Toets As,langs benodigd < As langs totaal: Voldoet

MAXIMALE BEUGELAFSTAND

Sw,max	nvt	mm
Sw,max>bgl.afstand	nvt	mm

cot θ	1,00	
μk	2853	mm
fyd	435	N/mm²

ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE

(Scheurmoment > Wringmoment + bgl.afstand voldoet) (Wringwapening + bgl.afstand voldoet) Voldoet

Dwarskracht + Wringing (6.3.2(5)

(VED)	1929	kN	(TED)	0	kN		
VRd,max	3802	kN	TRd,max (6.30)	1266	kN		
	0,51	+		**0,00**	=	**0,51**	Voldoet <1

v	0,528
αcw	1,000
fcd	20,0
Ak	506094
tef,i	236,8
sin θ	0,7071
cos θ	0,71

E-3

Breijn B.V.

Grootschalige Infra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 1 & 3
Datum: 16 augustus 2012

breijn

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1.0

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING Dwarskracht

GEOMETRIE plaat

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Hoogte : h	900	mm
Breedte : b1	1000	mm
Nominale Breedte lijf : b2w,nom	1000	mm
Oppervlak : Ab	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Statisch oppervlakte moment t.o.v. bovenzijde	4,05E+08	mm^3
Statisch oppervlakte moment t.o.v. zwaartepunt	1,01E+08	mm^3
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

Discontinuiteit in doorsnede Geen

Toegepaste dwarskrachtwapening

Beugels *(1 beugel is 2-snedig)*

Aantal	2	st	hoek α	90	graden
Diameter	20	mm	hoek α	1,57	radialen
H.o.h	240	mm			
Sl,max	300	mm	hoek θ	45	graden
St,max	600	mm	hoek θ	0,79	radialen

KRACHTSVERDERLING Bijzonder/Fundamenteel: Fundamenteel

Rekenwaarde dwarskracht (V_{ED})	1584	kN
Normaalkracht (- is druk, + is trek)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

BUIGTREKWAPENING

Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm
As;buigtrek totaal: 9817 mm^2
Nuttige hoogte: 800 mm

LANGSWAPENING (wringwapening)

Diameter langswapening 1e laag: 25 mm
Aantal staven: 4 st
As langs totaal: 1963 mm^2

DWARSKRACHT

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON (art.6.2.2(1))

$V_{Rd,c}$ [6.2a] *Afschuifbuigbreuk*	**479**	kN	<<<MAATGEVEND
$V_{Rd,c}$ [6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN	
$V_{Rd,c}$ [6,4] *Afschuiftrekbreuk*	811	kN	
Toets VRd.c>V_{ED} [6.1]	Voldoet niet		==> Dwarskrachtwapening nodig

Vmin	0,35
CRd,c	0,12
k	1,50
r1	0,01227
fck	30 N/mm²
k1	0,15
scp	0,00 N/mm²
α	1

MINIMUM DWARSKRACHTWAPENINGVERHOUDING INDIEN VRd.c>VED (9.2.2)

ρw [9.4]	**0,0052**		<<<MAATGEVEND
ρw,min [9.5N]	0,0010		
Minimum dwarskrachtwapening	4712	mm^2/m1	
Aanwezige dwarskrachtwapening	5236	mm^2/m1	
Toets aanwezig > minimum	Voldoet		

fyk	435 N/mm²
Asw	1257 mm²
s	240 mm
sinα	1,00
cotα	0,00

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETONSTAAL (6.2.3)

VRd,s [6.13] *Capaciteit dwarskrachtwapening*	**1640**	kN	<<<MAATGEVEND
VRd,max [6.14] *Afschuifdrukbreuk*	3802	kN	
Toets VRd.s>V_{ED} [6.1]	Voldoet		

fcd	20 N/mm²
fywd	435 N/mm²
cot θ	1,00
z	720 mm
σcp	0,000 N/mm²
αcw	1,000
tan θ	1,00
v1	0,528

CONTROLE

Dwarskrachtweerstand beton	$V_{RD,c}$ > V_{ED}	479	>	1584	Voldoet niet	art.6.2.2
Minimum dwarskrachtwap.verhouding	Aanwezige dwarskrachtwap > minimale	5236	>	4712	Voldoet	art.6.2.1(4)
Dwarskrachtweerstand staal	$V_{RD,s}$ > V_{ED}	1640	>	1584	Voldoet	art.6.2.3
Detailleringsregels	sl,max > h.o.h afstand beugels langsrichting	300	>	240	Voldoet	art.9.2.2(6)
	sb,max > h.o.h. afstand beugels dwarsrichting	480	>	240	Voldoet	art.9.2.2(7)
	st,max > tussenafstand benen beugels dwarsrichting	600	>	250	Voldoet	art.9.2.2(8)

SCHEURMOMENT DOOR WRINGING (6.3.2 (5)) Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

TRd,c [6.26]	324	KNm	
Toets TRd.c>T_{ED}	Voldoet	min. Wap. volgens 9.2.1.1 toepassen voldoet	

Ab	900000 mm²
u	3800 mm²
tef,1	236,8 mm
Ak	506094 mm²
fctd	1,35 N/mm²

WRINGWAPENING

As,langs benodigd [6.28]: 0 mm^2
Toets As,langs benodigd < As langs totaal: Voldoet

MAXIMALE BEUGELAFSTAND

Sw,max: nvt mm
Sw,max>bgl.afstand: nvt mm

cot θ	1,00
μk	2853 mm
fyd	435 N/mm²

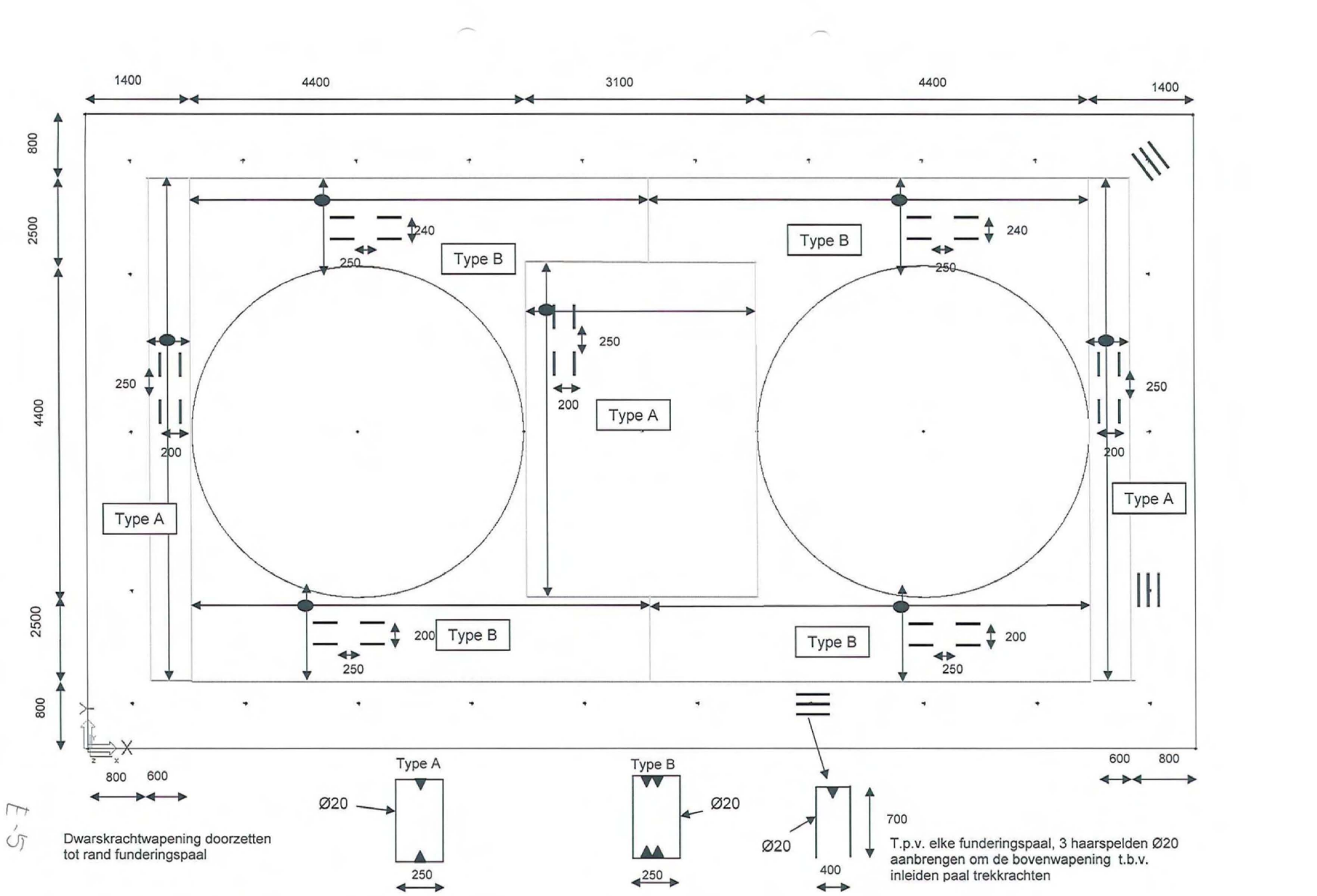
ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE

(Scheurmoment > Wringmoment + bgl.afstand voldoet) (Wringwapening + bgl.afstand voldoet) Voldoet

Dwarskracht + Wringing (6.3.2(5))

(VED)	1584	kN	(TED)	0	kN		
VRd,max	3802	kN	TRd,max [6.30]	1266	kN		
	0,42	+		0,00	=	0,42	Voldoet <1

v	0,528
αcw	1,000
fcd	20,0
Ak	506094
tef,i	236,8
sin θ	0,7071
cos θ	0,71

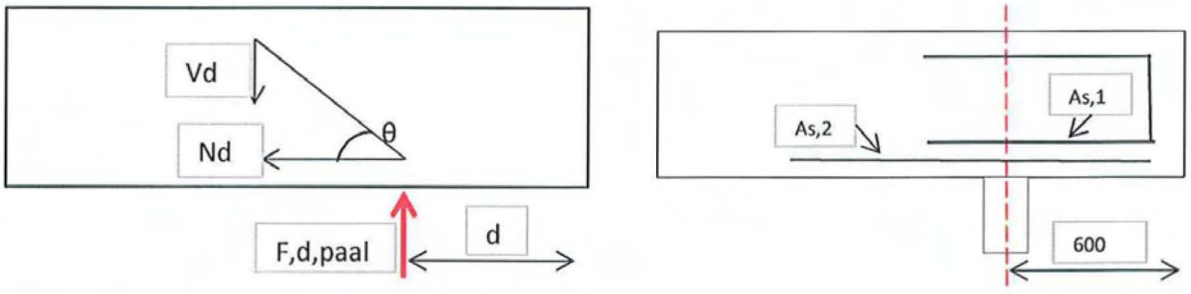

1400
4400
3100
4400
1400
800
2500
4400
2500
800
Type A
Type B
Type B
Type A
Type B
Type B
Type A
240
250
200
800
600
600
800
Type A
Ø20
250
Type B
Ø20
250
700
Ø20
400
T.p.v. elke funderingspaal, 3 haarspelden Ø20 aanbrengen om de bovenwapening t.b.v. inleiden paal trekkrachten
Dwarskrachtwapening doorzetten tot rand funderingspaal

E-5

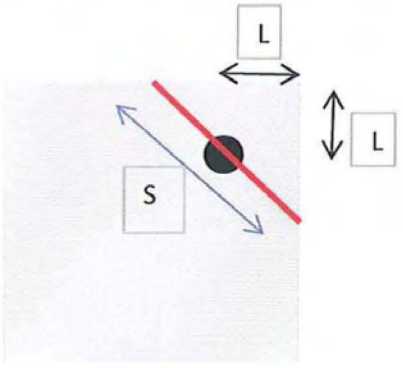
Bijlage F: Inleiden paalkrachten

Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 1, hoekpaal)

Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
Hart paal tot rand vloer	L	600	[mm]	
Paalafwijking	La	200	[mm]	
Effectieve snede	S	1414	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1195	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	845	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	845	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]

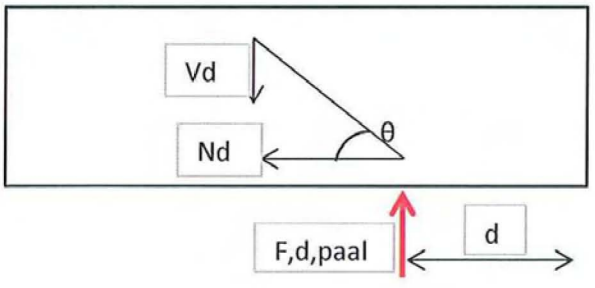


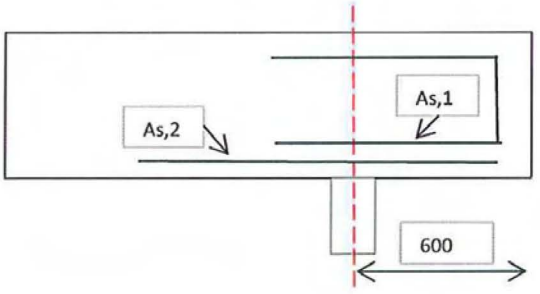
Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,93		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	12	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	16	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	3142	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	1367	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,62		U.C = Nd/ Nu,2



Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 3)

Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
h.o.h palen	L	1900	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1510	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	795	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	795	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]

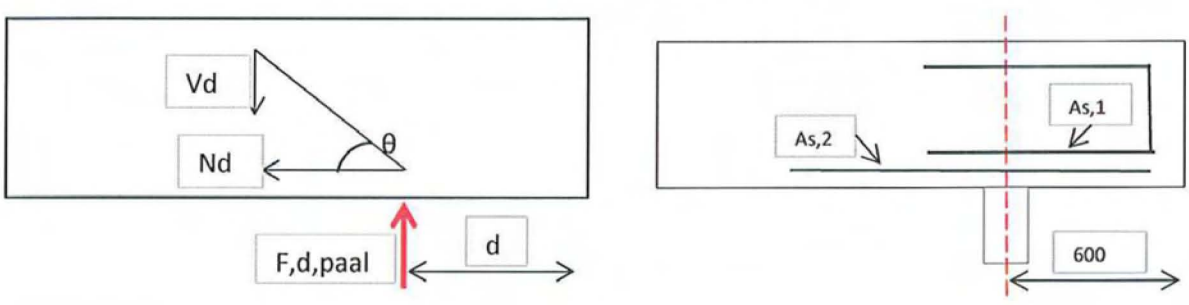




Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,87		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	25	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	25	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	9817	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	4271	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,19		U.C = Nd/ Nu,2

Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 5)

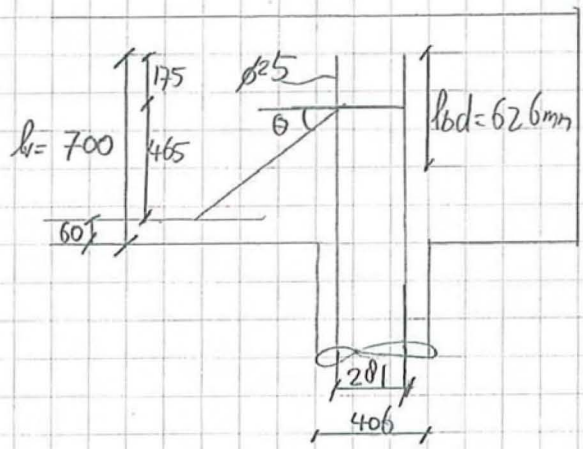
Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
h.o.h palen	L	1500	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1345	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	897	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	897	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]

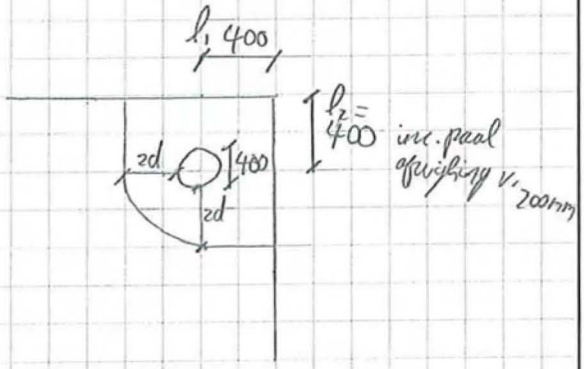


Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,98		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	12	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	20	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	4273	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	1859	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,48		U.C = Nd/ Nu,2

F-23

Inleiding trekkrachten





Stekken steken 700mm door vanaf o.k. vloer.

Bepalen verankeringslengte

$f_{bd} = 2{,}25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2{,}03/1{,}5 = 3{,}04\ N/mm^2$

$l_{b,rqd} = \frac{\phi_b \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{25 \cdot 435}{4 \cdot 3{,}04} = 894\ mm$

$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{min}$

$\alpha_1 = 1{,}0$
$\alpha_2 = 1 - 0{,}15(60-20)/20 = 0{,}7$
$\alpha_3 = 1{,}0$
$\alpha_4 = 1$
$\alpha_5 = 1$

$l_{bd} = 894 \cdot 0{,}7 = 626\ mm$
$l_{bd,min} = max[0{,}3 \cdot l_{b,rqd};\ 10\phi;\ 100mm] = max[268;\ 250;\ 100]$
} $l_{bd} = 626\ mm$ aanhouden

Bepalen controle omtrek 2e+4e laag hoofdwap.

$d = h_v - \frac{1}{2} \cdot l_{bd} - c - \frac{1}{2} \cdot \phi_k = 700 - \frac{1}{2} \cdot 626 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 289\ mm$
$2d = 658\ mm$

$u_1 = l_1 + l_2 + \frac{\pi \cdot (4d + a)}{4} = 400 + 400 + \frac{\pi \cdot (4 \cdot 289 + 281)}{4} \approx 1929\ mm$

Optredende schuifspanning

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1 \cdot 768 \cdot 10^3}{1929 \cdot 289} = 1{,}38 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed} \cdot u_1}{V_{Ed} \cdot W_1} \Rightarrow M_{Ed} = 0 \Rightarrow \beta = 1$$

Ponsweerstand eerste controledoorsnede

$$V_{Rdc} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \rho_l \cdot f_{ck}} = 0{,}12 \cdot 1{,}83 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 0{,}004 \cdot 30} = 0{,}5 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{289}} = 1{,}83$$

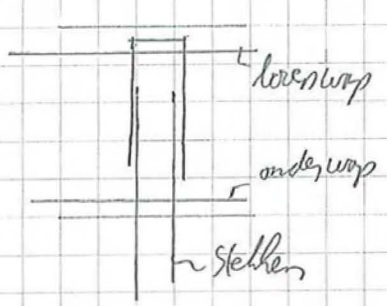
$C_{Rdc} = 0{,}18/\gamma_c = 0{,}18/1{,}5 = 0{,}12$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3142}{1000 \cdot 810} = 0{,}004$$ ~ ø12-100 + ø16-100

$V_{Ed} > V_{Rdc} \Rightarrow$ ponswapening nodig

Bendigde Haarspelden

Beugels t.b.v. dwarskrachtwapening lopen tot randpaal. De paaltrekkrachten dienen bovenin de plaat geïntroduceerd te worden. Om dit te realiseren dienen er haarspelden om de bovenwapening aangebracht te worden.



$F_t = 768 \text{ kN}$

$$A_{sd} = \frac{768 \cdot 10^3}{435} = 1766 \text{ mm}^2$$

3 haarspelden toepassen $\Rightarrow$ 6 snedig

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 6 = \frac{3}{2} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{2 A_s}{3 \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1766}{3 \cdot \pi}} = 19 \text{ mm} \Rightarrow \text{ø20 toepassen.}$$

Inleiding paal trekkrachten (groep 1)

Afmetingen				
Diameter funderingspaal	D	406	[mm]	
h.o.h. stekwapening	a	281	[mm]	a=D-2*c- Øk,s
Nuttige hoogte doorsnede	dh	810	[mm]	
Lengte stekken	l,v	700	[mm]	
Dekking op onderwapening	c	50	[mm]	
Afstand hart kolom tot rand plaat	S	600	[mm]	
Paalafwijking	L,a	200	[mm]	
Doorsnede onderwapening	Asl	3142	[mm^2/m^1]	(Ø16-100 + Ø12-100)
Materialen				
Betonsterkte	C30/37			
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Ontwerp trekspanning beton	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Diameter paalstek	Øk,s	25	[mm]	
Diameter onderwapening	Øk	16	[mm]	
Benodigde verankeringslengte				
Aanhechting coefficient	η1 = η2	1		
Aanhecht spanning	f_{bd}	3,04	[N/mm^2]	f_{bd}= 2,25* η1*η2*f_{ctd}
Spanning in staaf	σ_{sd}	435	[N/mm^2]	(in uiterst geval)
Basis verankeringslengte	$l_{b,qrd}$	894	[mm]	$l_{b,qrd}$ = (Øk1* σsd) / (4* fbd)
Coefficienten α1,α3, α4 en α5	αi	1		
Coefficienten α2	αi	0,7		
Verankeringslengte design	$l_{bd,1}$	626	[mm]	l_{bd} = α1*α2*α3*α4*α5* $l_{b,qrd}$
Afmeting controle omtrek				
Type paal	Hoek			
Effectieve hoogte	d	289	[mm]	d= L,v- c- l,bd/2-2,5* Øk
Afstand rand belasting tot omtrek	2d	578	[mm]	
Omtrek	u	1929	[mm]	u=0,25*π*(a+2*2d)+2*(S-L,a)
** De omtrek is bepaald volgens de figuren 2 t/m 4*				
Optredende schuifspanning				
Belasting	$F_{t,d}$	768	[kN]	(zie blz C-10)
Excentrischiteits factor	β	1		
Optredende schuifspanning	V_{ED}	1,38	[N/mm^2]	V_{ED} = $F_{t,d}$/(u* d)
Ponsweerstand 1ste controle doorsnede				
Coefficient	Crd,c	0,12		
Coefficient	k	1,83		
Verhouding langswapening	ρ1	0,004		ρ1= Asl /(bw* dh)
Schuifspanning opneembaar	V_{Rdc}	0,50	[N/mm^2]	
Unity Check	U.C	2,76		U.C.= V_{ED}/ V_{Rdc}
Benodigde haarspelden				
Benodigd staal oppervlakte	As,d	1766	[mm^2]	
Aantal haarspelden	n	3	[stk.]	
Diameter haarspeld	Øk,hrsd	20	[mm]	
Aanwezige hoeveelheid staal	As	1885	[mm^2]	As= 2*n* 0,25*π*Øk,hrsd
* rekening is gehouden met 2 snedigheid van de haarspelden				
Unity Check	U.C	0,94		U.C.= As,d/ As

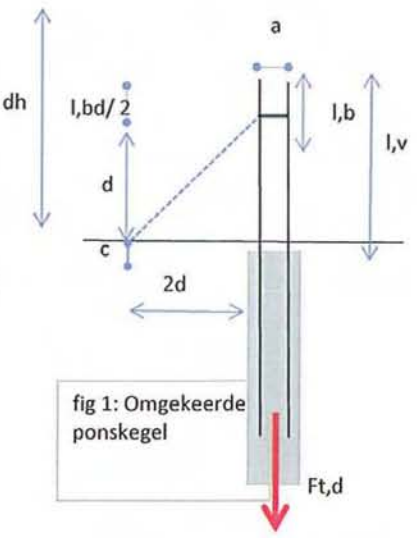


fig 1: Omgekeerde ponskegel

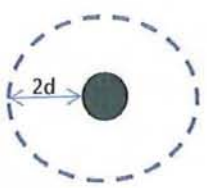


fig 2: Midden kolom

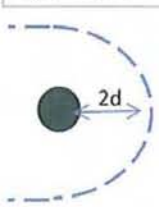


fig 3:Rand kolom

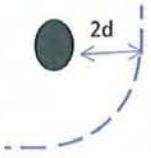


fig 4: Hoek kolom

Inleiding paal trekkrachten (groep 5)

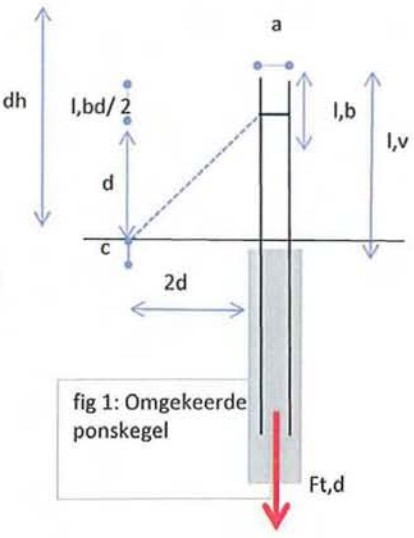


fig 1: Omgekeerde ponskegel

Afmetingen

Diameter funderingspaal	D	406	[mm]	
h.o.h. stekwapening	a	281	[mm]	a=D-2*c- Øk,s
Nuttige hoogte doorsnede	dh	810	[mm]	
Lengte stekken	l,v	700	[mm]	
Dekking op onderwapening	c	50	[mm]	
Afstand hart kolom tot rand plaat	S	600	[mm]	
Paalafwijking	L,a	0	[mm]	
Doorsnede onderwapening	Asl	5153	[mm^2/m^1]	(Ø16-100 + Ø20-100)

Materialen

Betonsterkte	C30/37			
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Ontwerp trekspanning beton	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Diameter paalstek	Øk,s	25	[mm]	
Diameter onderwapening	Øk	16	[mm]	

Benodigde verankeringslengte

Aanhechting coefficient	η1 = η2	1		
Aanhecht spanning	f_{bd}	3,04	[N/mm^2]	f_{bd}= 2,25* η1*η2*f_{ctd}
Spanning in staaf	σ_{sd}	435	[N/mm^2]	(in uiterst geval)
Basis verankeringslengte	$l_{b,qrd}$	894	[mm]	$l_{b,qrd}$ = (Øk1* σsd) / (4* fbd)
Coefficienten α1,α3, α4 en α5	αi	1		
Coefficienten α2	αi	0,7		
Verankeringslengte design	$l_{bd,1}$	626	[mm]	l_{bd} = α1*α2*α3*α4*α5* $l_{b,qrd}$

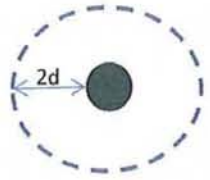


fig 2: Midden kolom

Afmeting controle omtrek

Type paal	Rand			
Effectieve hoogte	d	289	[mm]	d= L,v- c- l,bd/2-2,5* Øk
Afstand rand belasting tot omtrek	2d	578	[mm]	
Omtrek	u	3458	[mm]	u=0,5*π*(a+2*2d)+2*(S-L,a)

** De omtrek is bepaald volgens de figuren 2 t/m 4*

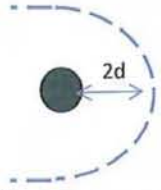


fig 3:Rand kolom

Optredende schuifspanning

Belasting	$F_{t,d}$	667	[kN]	(zie blz C-10)
Excentrischiteits factor	β	1		
Optredende schuifspanning	V_{ED}	0,67	[N/mm^2]	V_{ED} = $F_{t,d}$/(u* d)

Ponsweerstand 1ste controle doorsnede

Coefficient	Crd,c	0,12		
Coefficient	k	1,83		
Verhouding langswapening	ρ1	0,006		ρ1= Asl /(bw* dh)
Schuifspanning opneembaar	V_{Rdc}	0,59	[N/mm^2]	

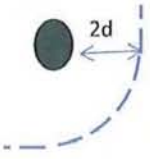


fig 4: Hoek kolom

Unity Check	U.C	1,14	U.C.= V_{ED}/ V_{Rdc}

Benodigde haarspelden

Benodigd staal oppervlakte	As,d	1533	[mm^2]	
Aantal haarspelden	n	3	[stk.]	
Diameter haarspeld	Øk,hrsd	20	[mm]	
Aanwezige hoeveelheid staal	As	1885	[mm^2]	As= 2*n* 0,25*π*Øk,hrsd

* rekening is gehouden met 2 snedigheid van de haarspelden

Unity Check	U.C	0,81	U.C.= As,d/ As

Bijlage G: Berekening paalwapening

Berekening wapening paalhopwapening

Geometriepaal

Diameter buispaal $D_s = 456$ mm → zie bijlage geotechnische rapportage.

Diameter betonpaal $D = 456 - 2.15 = 426$ mm

Minimale betondekking $c_{min} = 40$mm → toepassen $c = 50$mm

Materialen

Betonkwaliteit C30/37 → $f_{ck} = 30$ N/mm² $\quad f_{ctm} = 2,9$ N/mm²
$f_{cd} = 30/1,5 = 20$ N/mm² $\quad E_{cm} = 33000$ N/mm²

Betonstaal B-500B → $f_{yd} = 435$ N/mm²
$E_s = 2,1 \cdot 10^5$ N/mm²

Belastingen

$N_{td} = 781$ kN (trek) (tbv C-31)
$M_{dy} = 37$ kNm
$M_{dx} = 8$ kNm

$M_d = \sqrt{8^2 + 37^2} = 38$ kNm

$\gamma_n = 1,22$ Belastingfactor volgens tabel uitgangspuntennota.

Berekening buigwapening hopnet

$A_c = \frac{1}{4} \pi 426^2 = 142531$ mm²

$\frac{N_{td}}{f_{cd} A_c} = \frac{781 \cdot 10^3}{20 \cdot 142531} = 0,27$ Aflezen tabel 10.4B GTB

$R = 0,4$

$\frac{M_d}{f_{cd} \cdot A_c \cdot D} = \frac{38 \cdot 10^6}{20 \cdot 142531 \cdot 426} = 0,03$

$\rho = R \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,4 : 20/435 = 0,018$

$A_{sd} = A_c \cdot \rho = 142531 \cdot 0,018 = 2621$ mm²

Kleine wapening $7\varnothing25 \Rightarrow A_s = \frac{7}{4} \pi 25^2 = 3436$ mm²

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet in de UGT

Controle scheurwijdte

$\sigma_s = \frac{f_{yd} \cdot A_{sd}}{\gamma_n \; A_s} = \frac{435 \cdot 2621}{1{,}22 \cdot 3436} = 272\ N/mm^2 \Rightarrow \psi_1 = 1{,}0$

↳ tabel 4 uitgangsnota

$s_{rmax} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi_h}{\rho_{eff}}$

$k_1 = 0{,}8 \qquad k_3 = 3{,}4$
$k_2 = 0{,}5 \qquad k_4 = 0{,}425$

$\rho_{eff} = \frac{A_{s,1\ staaf}}{B_{eff} \cdot H_{eff}} = \frac{\frac{1}{4}\pi 25^2}{135 \cdot 117} = 0{,}031$

$B_{eff} = H.O.H.\ opening = \frac{\pi \cdot (\overset{D}{426} - 2 \cdot \overset{c}{50} - \overset{\phi_h}{25})}{7} = 135\ mm$

$7 = n_{staven}$

$H_{eff} = Min\left[2{,}5 \cdot \underbrace{(D-d)}_{D-d = c + \frac{1}{2}\phi_h}; D - x_u/3; D/2\right] = Min\left[2{,}5 \cdot \underbrace{\left(50 + \frac{25}{2}\right)}_{156}; \underbrace{\frac{426 - 75}{3}}_{117}; \underbrace{\frac{426}{2}}_{213}\right] = 117\ mm$

aanname x_u

$s_{rmax} = 3{,}4 \cdot 50 + 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}425 \cdot 25 / 0{,}031 = 307\ mm$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \left(\frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \frac{272 - 0{,}4 \cdot \frac{2{,}9}{0{,}031} \cdot \left(1 + \frac{2{,}0 \cdot 10^5}{33000} \cdot 0{,}031\right)}{2{,}10^5} > 0{,}6 \cdot \frac{272}{2p \cdot 10^5} \Rightarrow 0{,}0011 > 8{,}34 \cdot 10^{-4}$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0{,}0011$

$W_k = s_{rmax} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 307 \cdot 0{,}0011 = 0{,}35\ mm$ (optredend)

$W_{kmax} = W_{max} \cdot \frac{c}{c_{min}} = 0{,}3 \cdot \frac{50}{40} = 0{,}38\ mm$ (toelaatbaar)

$W_k \leq W_{max} \Rightarrow$ Voldoet.

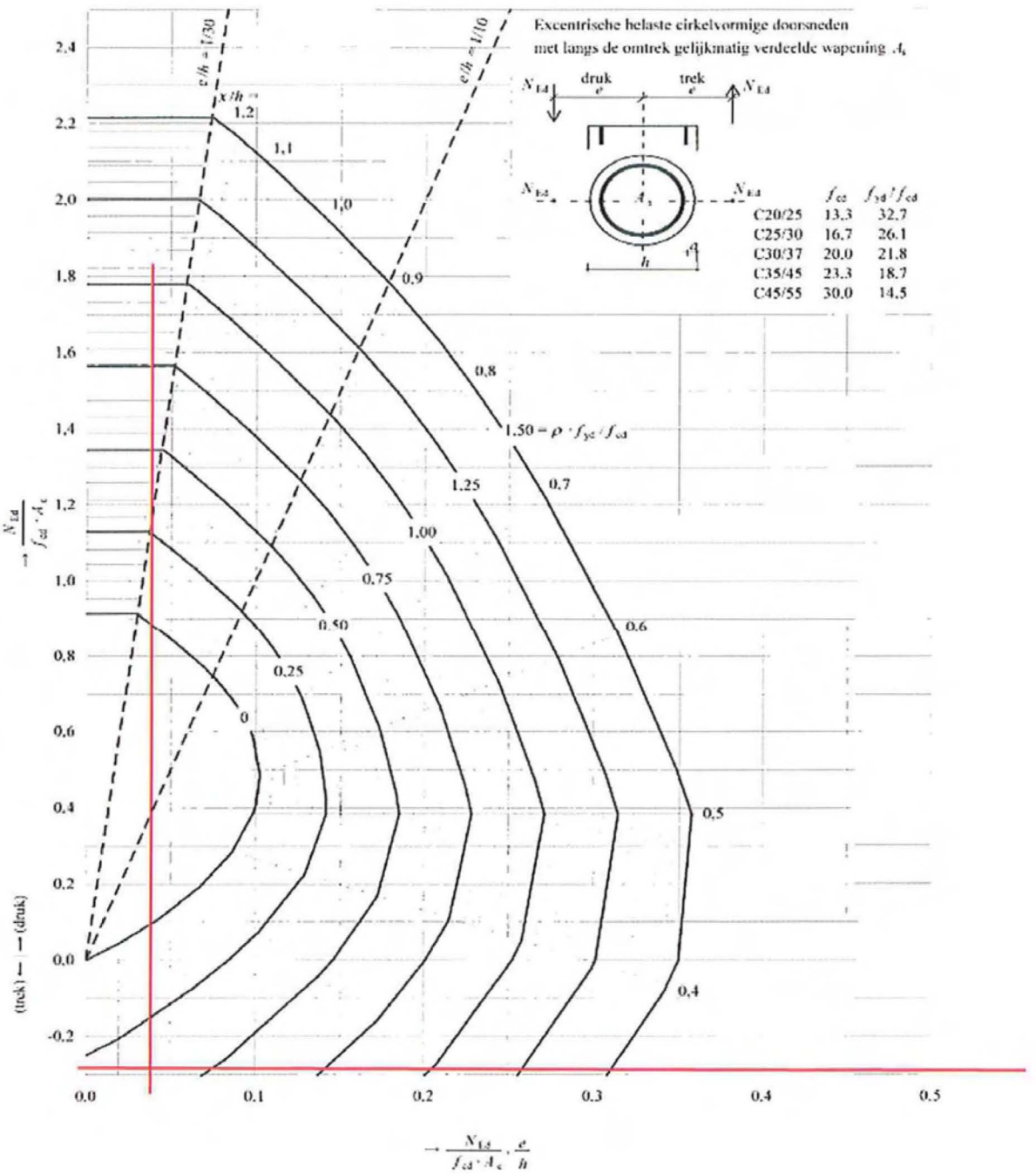
Berekening paalkopwapening

Geometrie paal				
Buitendiameter buispaal	Ds	456	[mm]	
Dikte buis	tf	15	[mm]	
Diameter betonpaal	D	426	[mm]	D= Ds- 2* tf
Minimale dekking wapening	cmin	40	[mm]	
Toegepaste dekking wapening	c	50	[mm]	
Beton oppervlakte	Ac	142531	[mm^2]	Ac = 0,25*π*D^2
Materialen				
Betonkwaliteit		C30/37		
Betonstaal vloeispanning	fyd	435	[N/mm^2]	
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Design druksterkte	fcd	20	[N/mm^2]	
Gemiddelde treksterkte	fctm	2,9	[N/mm^2]	
E-mod staal	Es	200000	[N/mm^2]	
E-mod beton	Ecm	32837	[N/mm^2]	
Stijfheidverhouding	αe	6		αe = Es/ Ecm
Belastingen				
Normaal trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C-31)
Moment om y as	Md,y	37	[kNm]	(zie blz C-31)
Moment om z as	Md,z	8	[kNm]	(zie blz C-31)
Resulterend moment	Md	38	[kNm]	Md= (Md,y^2+ Md,z^2)^{0,5}
Belastingfactor	γn	1,22		Tabel 4 uitgangspuntennota
Berekening buigwapening kopnet (m.b.v. GTB tabel 10.4.b)				
Normaalkracht coefficient	W1	0,27		n1 =N,td/ (fcd* Ac)
Moment coefficient	W2	0,03		n2 =M,td/ (fcd* Ac*D)
	R	0,4		(Aflezen grafiek)
Wapeningshoeveelheid	ρ	0,0184		ρ = R* fcd/ fyd
Minimale benodigde wapening	Asd1	2621	[mm^2]	Asd= Ac* ρ
Keuze wapening kopnet				
Diameter wapeningstaaf	Øk1	25	[mm]	
Aantal staven	n	7	[stk.]	
h.o.h afstand staven	s	135	[mm]	s = π*(D-2*c-Øk)/ n
Aanwezige wapening	As1	3436	[mm^2]	As = n* 0,25* π* $Øk^2$
Unity check	U.C.	0,76	Voldoet	U.C. = Asd/ As
Controle scheurwijdte				
Frequente belastingsdactor BGT	ψ1	1		ψ1 = 1,0 voor hoekmasten en 0,75 voor s
Staalspanning	Gs	272	[N/mm^2]	Gs1 = (fyd * Asd)/(γn * As1) * ψ1
Drukzone paal	xu	75		(aanname)
	k1	0,8		k3 3,4
	k2	0,5		k4 0,425
Effectieve breedte	Beff	135	[mm]	(gelijk genomen aan h.o.h. wapening)
Effectieve hoogte	Heff	117	[mm]	Heff = MIN(2,5*(c+0,5*Øk);(D-Xu)/3;(D/2))
Wap verhouding trekzone	$\rho_{p,eff}$	0,031		$\rho_{p,eff}$ = (As/n) / (Beff * Heff)
Factor langdurende belasting	k_t	0,4		
Maximale scheurafstand	$S_{r,max}$	307	[mm]	$S_{r,max}$ =k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
Scheur rek	ε_{sm} - ε_{cm}	0,0011		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	W_k	0,35	[mm]	W_k = $S_{r,max}$* (ε_{sm} - ε_{cm})
Maximale scheurwijdte	W_{max}	0,3	[mm]	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
Toelaatbare scheurwijdte	W_{kmax}	0,38	[mm]	W_{kmax} = W_{max} * C/C_{min}
	U.C.	0,93	Voldoet	U.C. = Wmax/ Wkmax

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6\,\frac{\sigma_s}{E_s}$$

buiging en normaalkracht

C20/25 - C45/55 B500 0,15



Dwarskrachtwapening paal kop

Dimensionering wapening op basis van Cement artikel "dwarskrachtwapening in ronde kolommen en funderingspalen" 2006.

Belastingen

* $V_d = 38$ kN → blz C-31

  $N_{dt} = 781$ kN

* Volgens Scia is V_d gelijk aan 39 kN. Deze waarde is onnauwkeurig omdat Scia niet goed overweg kan met elementen die ondersteund zijn met een bedding. Van de berekening is een V_d aangehouden van 50 kN.

Dwarskracht capaciteit ronde doorsnede

$r = D/2 = 426/2 = 213$ mm

$r_s = r - c - \phi_h/2 = 213 - 50 - 25/2 = 151$ mm² (zie blz H-1)

$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{2.r_s}{\pi.r}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2.151}{\pi.213}\right) = 0{,}47$ rad

$A_v = r^2\left(\frac{\pi}{2} + \alpha + \sin\alpha.\cos\alpha\right) = 213^2\left(\frac{\pi}{2} + 0{,}47 + \sin(0{,}47).\cos(0{,}47)\right) = 110660$ mm²

$\tau_d = \frac{V_d}{A_v} = \frac{38.10^3}{110660} = 0{,}34$ N/mm² (Optredend)

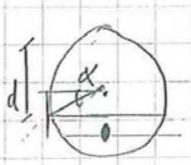
$\tau_u = \tau_1 - \tau_n = 0{,}035.k^{3/2}.f_{ch}^{1/2} - \frac{N_{dt}}{A_c}.k_1 = 0{,}035.1{,}79^{3/2}.30^{1/2} - \frac{781.10^3}{152053}.0{,}15 =$

$\tau_u = -0{,}36$ N/mm²

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{331}} = 1{,}79$

$d = D/2 + \frac{D}{2}\tan(\alpha)$

$d = 426/2 + \frac{426}{2}.\tan(0{,}47) = 320$ mm



$\tau_u < \tau_d \Rightarrow$ dwarskrachtwapening nodig.

Dwarskrachtwapening

Indien beugelwapening

$A_{sr} = \frac{2 \cdot n_s \cdot \pi d}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{2 \cdot 151 \cdot 0,34}{0,9 \cdot 435} = 0,264 \text{ mm}^2/\text{mm} \Rightarrow 264 \text{ mm}^2/\text{m}$

Rekening houdend met 2-snedigheid $A_{sr} = 264/2 = 132 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Keuze wapening $\phi 8 - 250 \Rightarrow A_s = \pi \cdot 8^2 = 201 \text{ mm}^2/\text{m}'$

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

Indien spiraalwapening

Keuze spoed $p = 150 \text{ mm}$ eis: $p < \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 320 = 160 \text{ mm}$

$150 \text{ mm} < 160 \text{ mm} \Rightarrow$ Voldoet.

$A_{sd} = \frac{\pi \cdot p \cdot \pi d}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0,225 \cdot \frac{p}{\pi})} = \frac{213 \cdot 150 \cdot 0,34}{0,9 \cdot 435 \cdot (1 - 0,225 \cdot \frac{150}{213})} = 35 \text{ mm}^2$

Keuze wapening $\phi 8 \Rightarrow A_s = \frac{\pi 8^2}{4} = 50 \text{ mm}^2$

Keuze wapening $\phi 8 - p = 150$

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

Berekening dwarskrachtwapening kopnet

Belastingen

Dwarskracht	Vd	38	[kN]	(zie blz C31)
Opredende trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C31)

Doorsnede grootheden

Straal betondoorsnede	r	213	[mm]	r= D/2
Straal tot wapening	rs	151	[mm]	rs= D/2- c- Øk/2
Hoek	α	0,47	[rad]	α= sin^{-}[(2*rs)/(π*r)]
Oppervlakte afschuifvlak	Av	110660	[mm^2]	Av= r^2* (π/2+ α+ sin(α)*cos(α))
Optredende schuifspanning	τd	0,34	[N/mm^2]	τd= Vd/ Av
Opneembare schuifspanning	v_{min}	0,46	[N/mm^2]	v_{min}= 0,035* k$^{(3/2)}$* fck$^{(1/2)}$
Nuttige hoogte doorsnede	d	320	[mm]	d= D/2 + (D/2)* tan(α)
Schaalfactor	k	1,79		k= 1+ (200/d)^{0,5}
Reductie door trekkracht	τ,n	0,82	[N/mm^2]	τ,n= (N,dt/ Ac) *k1
Reductiefactor	k1	0,15		
Oneembare schuifspanning	τ,u	-0,36	[N/mm^2]	τ,u= v_{min} - τ,n

** τ,u is kleiner dan nul. Dwarkrachtwapening moet alles opnemen*

Berekening benodigde dwarskrachtwapening

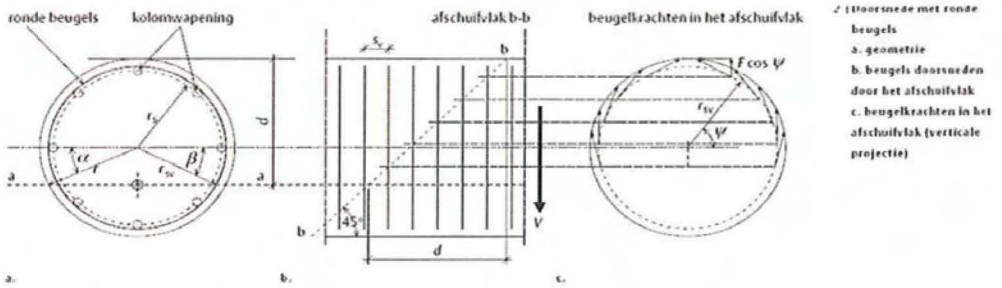
Keuzen beugel/ spiraal wap.	Øk2	8	[mm]	
h.o.h. beugels	s	250	[mm]	
Spoed	p	150	[mm]	eis dat p <0,5*d

Oplossing indien beugelwapening

Benodigd staal oppervlakte	Asv,2	264	[mm^2/m]	As,2v=[2* rs* τd/(0,9* fyd)]*1000
Asv met 2-snedigheid	Asv,1	132	[mm^2/m]	
As aanwezig	As	201	[mm^2/m]	
	U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Asv,1/ As

Oplossing indien spiraalwapening

Benodigd staal oppervlakte	Asvh	33	[mm^2]	Asvh= [r* p*τd] /[(0,9* fyd* (1-0,225* p/r)]
Staal oppervlakte aanwezig	As	50	[mm^2]	
	U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Asvh/ As



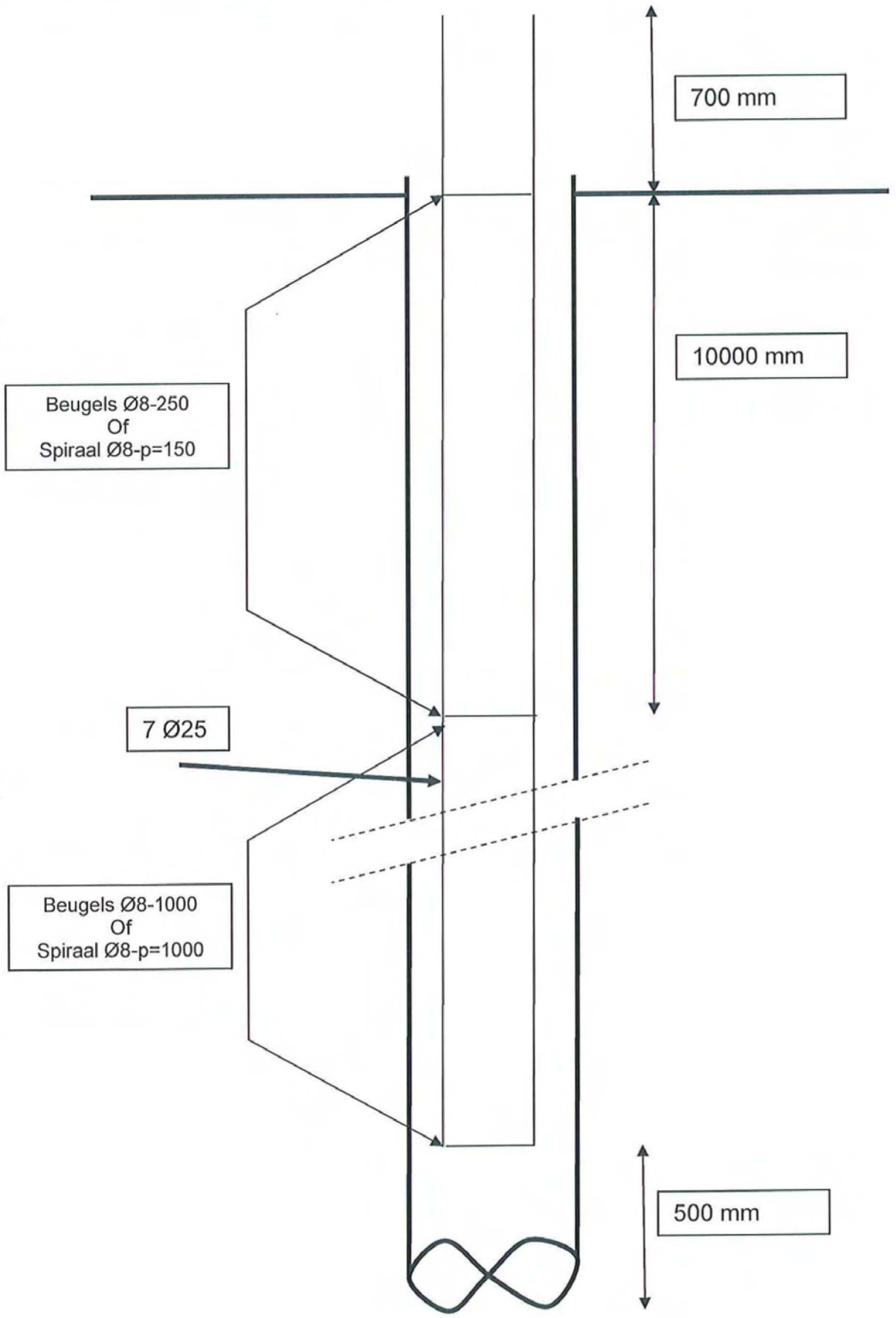
Doorsnede met ronde beugels
a. geometrie
b. beugels doorsneden door het afschuifvlak
c. beugelkrachten in het afschuifvlak (verticale projectie)

Berekening paalwapening buiten kopnet

Geometrie paal				
Buitendiameter buispaal	Ds	456	[mm]	
Dikte buis	tf	15	[mm]	
Diameter betonpaal	D	426	[mm]	D= Ds- tf
Minimale dekking wapening	cmin	40	[mm]	(tabel 4.4N, EN1992, XC2)
Toegepaste dekking wapening	c	50	[mm]	
Beton oppervlakte	Ac	142531	[mm^2]	Ac = 0,25*π*D^2
Materialen				
Betonkwaliteit				
Betonstaal vloeispanning	fyd	435	[N/mm^2]	
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Design druksterkte	fcd	20	[N/mm^2]	
Gemiddelde treksterkte	fctm	2,9	[N/mm^2]	
E-mod staal	Es	200000	[N/mm^2]	
E-mod beton	Ecm	32837	[N/mm^2]	
Stijfheidverhouding	αe	6		αe = Es/ Ecm
Belastingen				
Normaal trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C-31)
Belastingfactor	γn	1,22		Tabel 15 uitgangspuntennota
Berekening wapening				
Diameter wapeningstaaf	Øk1	25	[mm]	
Aantal staven	n	7	[stk.]	
h.o.h afstand staven	s	135	[mm]	s = π*(D-2*c-Øk)/ n
Benodigde wapening	As,d	1795	[mm^2]	As,d= Nd,t/ fyd
Aanwezige wapening	As	3436	[mm^2]	As= n* 0,25* π*$Øk^2$
Unity check	U.C.	0,52	Voldoet	U.C. = Asd/ As
Controle scheurwijdte				
Staalspanning	Gs	186	[N/mm^2]	Gs1 = (fyd * Asd)/(γn * As1)
Drukzone paal	xu	0		(volledig trek)
	k1	0,8		k3 3,4
	k2	1		k4 0,425
Effectieve breedte	Beff	135	[mm]	(gelijk genomen aan h.o.h. wapening)
Effectieve hoogte	Heff	142	[mm]	Heff = MIN(2,5*(c+0,5*Øk);(D-Xu)/3;(D/2))
Wap verhouding trekzone	$\rho_{p,eff}$	0,026		$\rho_{p,eff}$ = (As1/ n)/ (Beff * Heff)
Factor langdurende belasting	k_t	0,4		
Maximale scheurafstand	$S_{r,max}$	502	[mm]	$S_{r,max}$ =k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
Scheur rek	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0,0007		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	W_k	0,3	[mm]	$W_k = S_{r,max} * (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$
Maximale scheurwijdte	W_{max}	0,3	[mm]	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
Toelaatbare scheurwijdte	W_{kmax}	0,4	[mm]	$W_{kmax} = W_{max} * C/C_{min}$
	U.C.	0,89	Voldoet	U.C. = Wmax/ Wkmax

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$D_{buispaal}$ = 456 mm
D_{beton} = 440 mm
C_{min}= 40 mm; C = 50 mm
C30/37
MK: XC2



Bijlage H: Geotechnische rapportage

Memo

Datum	20 augustus 2012	Van	Erik Cevaal
Project	Randstad 380 kV Noordring-Noord	Telefoon	+31 (0)6 52 01 67 23
Onderwerp	Beschrijving berekenmethodiek veerstijfheden en beddingsconstanten	Fax	+31 (0)73 543 64 12
		E-mail	ecevaal@breijn.nl
Ons kenmerk	2410010-MEM-GEOT-004, Versie 2.0		

Aan	*Leo Molenbroek (Breijn O&A)*
Kopie aan	*Janneke Salemans (Breijn-O&A)*

Algemeen

Gevraagd is om voor bovenvermeld project een beschrijving te geven van de berekenmethodiek en uitgangspunten voor het bepalen van zowel de horizontale beddingsconstante als de verticale veerstijfheid van de paalfunderingen. Het betreft de berekenmethodiek die wordt gehanteerd voor de paalfunderingen van alle wintrackmasten van project *"Randstad 380 kV Noordring-Noord"*.

Ter onderbouwing van de rekenmethodieken voor het bepalen van de beddingsconstante en veerstijfheden, wordt onderscheid gemaakt in een drietal berekeningsstappen:

1. Bepaling horizontale beddingsconstanten
2. Bepaling verticale veerstijfheid van op druk belaste palen
3. Bepaling verticale veerstijfheid van op trek belaste palen

Bij bovenvermelde onderdelen wordt telkens ingegaan op de gehanteerde berekeningsmethodiek en de resultaten. Hierbij is met de constructeur afgestemd welke resultaten benodigd zijn voor de geotechnische- en constructieve berekeningen.

In onderhavig document is mastlocatie 1 als voorbeeldcase gehanteerd.

Gehanteerde documenten

1. Breijn O&A, Vormtekening (palenplan), kenmerk [T-VO-KW-V-004]
2. Breijn O&A, Berekeningsrapport R-Poer "TenneT: Fundatie Wintrackmasten, Traject "*Randstad 380 kV Noordring-Noord*", kenmerk [2410010-BER-DO-KW-001], versie 1.0, 20 augustus 2012;
3. Breijn O&A, Uitgangspuntennota "TenneT: Fundatie Wintrackmasten, Traject "*Randstad 380 kV Noordring-Noord*", kenmerk [2410010-AL-RAP-KW-001], versie 1.0, 20 augustus 2012;
4. MOS Grondmechanica, Geotechnisch grondonderzoek, opdr.nr. [0013310], 2 juni 2010;
5. Dino-loket, geotechnisch grondonderzoek, 8 september 1987, kenmerk onbekend.

Breijn B.V., Ontwerp en Advies
Graafsebaan 67, 5248 JT Rosmalen • Postbus 37, 5240 AA Rosmalen • Nederland
Telefoon +31 (0)73 543 64 01 • Fax +31 (0)73 543 64 02 • E-mail info@breijn.nl • www.breijn.nl
ING Bank 67.46.28.985 (IBAN NL82 INGB 0674 6289 85, BIC INGBNL2A)
Handelsregister 35017895 • BTW NL.0074.23.056.B.01

Gehanteerde normen en richtlijnen:

6. NEN-EN 1997-1: 2009 – Eurocode 7-1 – Geotechnisch ontwerp – deel 1: Algemene regels, juli 2010
7. NEN-EN 1997-1/NB – Nationale bijlage bij Eurocode 7-1, juli 2009
8. NEN 9097-1 – Aanvullende bepalingen voor het geotechnisch ontwerp, juli 2010
9. CUR-AB 77, Rekenregels voor ongewapende onderwaterbetonvloeren, mei 2001
10. CUR 228, Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen, 2010

Uitgangspunten

Onderstaande uitgangspunten zijn bij de berekeningen van de voorbeeldcase van mast 1 gehanteerd. Betreft een funderingspoer, type R38,5.

- Bodemopbouw is bepaald aan de hand van het door Mos Grondmechanica uitgevoerde grondonderzoek ter plaatse van mastlocatie 1, betreffende sonderingen 1CFI en 1WSP, opdrachtnummer; 0013310, d.d. 2 juni 2010. Sondering 1CFI is maatgevend bevonden en gehanteerd voor het bepalen van de horizontale beddingsconstanten. Voor de bepaling van de elasticiteitsmodulus van Ménard ($E_{Ménard}$) is de gemiddelde conusweerstand in rekening gebracht.
  Door ontbreken van de digitale sondeergrafieken (*GEF-bestand) zijn gezien de uniformiteit van de bodem ter plaatse van mast 1, nabijgelegen sondering S25A01907, S25A01908 en S25A01909 bij de draagkrachtberekeningen (en daaruit volgende verticale veerstijfheden) gehanteerd. De grondparameters zijn door gebrek aan laboratoriumonderzoek, gebaseerd op NEN-EN 1997, tabel 2.b. De sonderingen zijn in bijlage 1 opgenomen.
- De paalfundering van mast 1 wordt uitgevoerd met Vibro-palen Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). De paallocaties zijn conform [1], ofwel een hart-op-hart afstand van 1,5 à 1,96 m (onderkant poer) is aangehouden. Specificaties van dit paalsysteem zijn in bijlage 2 opgenomen;
- De maximaal toepasbare paallengte bedraagt 26,0 m t.o.v. het maaiveldniveau. Dit is de maximale lengte die met het beoogde materieel kan worden uitgevoerd.
- De in rekening te brengen paaldiameter voor de horizontale beddingsconstante is Ø456 mm. Dit is gelijk aan de uitwendige buisdiameter. De buis wordt heiend teruggetrokken;
- Paalfactoren voor bepaling trekdraagkracht Vibro paal: α_t (zand) = 0,012; γ_{st} = 1,35 γ_{var} = 1,5;
- Paalfactoren voor bepaling drukdraagkracht Vibro paal: α_s (zand) = 0,014; α_p = 1,00; β=s = 1,00; γ_b = 1,20; γ_s = 1,20;
- Factor ξ_3 en ξ_4 zijn vastgesteld conform NEN 9097-1. Bij 2 sonderingen voor een stijf bouwwerk is ξ_3 = 1,20 en ξ_4 = 0,96;
- Schoorstand funderingspalen is 10:1 (v:h);
- Maaiveldniveau is NAP -1,99 m;
- O.k. poer t.p.v. mast 1 (type R38,5) is NAP -4,30 m. Ontgravingniveau is ca. NAP -4,4 m;
- Freatische grondwaterstand is *aangenomen* op 0,5 m minus maaiveld, te weten ca. NAP -2,4 m;
- Hart-op-hart afstanden tussen funderingspalen op paalkopniveau, conform [1]. Voor het berekende trekdraagvermogen en de veerstijfheid is de hart-op-hart afstand bepaald op het niveau waar 50% van het (trek)draagvermogen wordt gehaald, rekening houdend met de schoorstand van 10:1 (v:h);

- Aan de kleilagen wordt geen trekdraagkracht ontleend. Indien gewenst mag hiervoor een α_s en α_t worden aangehouden conform tabel 7.d van NEN 9997-1;
- Het groepseffect is meegenomen in de berekeningen van het trekdraagvermogen en de verticale veerstijfheid (trek). De veerstijfheid is voor zowel druk- als trekbelasting op de palen, berekend volgens de methode voor statische belasting.

Rekenmethodiek beddingconstante en veerstijfheid

Horizontale beddingsconstante

De horizontale beddingsconstante is bepaald aan de hand van de methode Ménard. Volgens deze methode wordt de horizontale beddingsconstante benaderd aan de hand van een empirische formule, afhankelijk van de grondsoort, de paaldiameter en de conusweerstand.

De benodigde parameters voor de bepaling van de horizontale beddingsconstanten worden bepaald aan de hand van het beschikbare geotechnisch onderzoek. Op basis van sonderingen (en indien beschikbaar boringen of laboratoriumonderzoek), wordt de bodemopbouw en bijhorende parameters bepaald.

Als voorbeeldcase zijn de horizontale beddingsconstanten van de paalfundering van mast 1 bepaald.

Berekeningsresultaten

Zoals hierboven beschreven zijn de horizontale beddingsconstanten voor de funderingspalen bepaald volgens methode Ménard. In tabel 1 zijn de berekende resultaten opgenomen.

Gehanteerde sondering:		1CFI									
Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	**Grondsoort [-]**	**γ' [kN/m³]**	**φ' [°]**	**c' [kPa]**	**qc [MPa]**	**Ep [kPa]**	**Horizontale beddingsconstante kh [kN/m³] Diameter palen [mm]**				
							456	456	456	456	456
-1,91	KLEI	18	22,5	5,0	**3,0**	6000	24400	24400	24400	24400	24400
-2,2	VEEN	13	15,0	2,5	**0,9**	2700	7800	7800	7800	7800	7800
-2,4	VEEN	2	15,0	2,5	**0,9**	2700	7800	7800	7800	7800	7800
-2,7	KLEI	5	22,5	0,0	**0,8**	1600	6500	6500	6500	6500	6500
-5,8	VEEN	2	15,0	2,5	**0,5**	1500	4400	4400	4400	4400	4400
-6,1	KLEI	8	22,5	5,0	**1,0**	2000	8100	8100	8100	8100	8100
-8,8	ZAND	9	30,0	0,0	**9,0**	6300	38200	38200	38200	38200	38200
-15,3	KLEI	7	17,5	5,0	**0,9**	1800	7300	7300	7300	7300	7300
-17,8	VEEN	3	15,0	2,5	**1,5**	4500	13100	13100	13100	13100	13100
-18,3	ZAND	9	30,0	0,0	**10,0**	7000	42500	42500	42500	42500	42500
-20,7	ZAND	11	35,0	0,0	**30,0**	21000	127400	127400	127400	127400	127400
-22,7	ZAND	9	30,0	0,0	**11,0**	7700	46700	46700	46700	46700	46700
-23,6	ZAND	11	35,0	0,0	**25,0**	17500	106200	106200	106200	106200	106200
-31,0	ZAND	10	25,0	0,0	**9,5**	6650	40300	40300	40300	40300	40300
-31,7	ZAND	11	35,0	0,0	**32,0**	22400	135900	135900	135900	135900	135900

Tabel 1 – Horizontale beddingsconstanten (Ménard)

De berekende horizontale beddingsconstanten voor de Vibro-palen Ø456 mm (voetplaat 510 mm), met sondering 1CFI zijn in tabel 1 opgenomen. Deze horizontale beddingsconstanten zijn vervolgens als invoerparameters in de constructieve berekeningen toegepast. Om de in tabel 1

weergegeven resultaten op een juiste wijze te vertalen naar de invoer voor de constructieve berekening, moeten de berekende horizontale beddingsconstanten worden vermenigvuldigd met de paaldiameter.

Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende:

- $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

Verticale veerstijfheid (druk)

De verticale veerstijfheid van op druk belaste palen is de functie van de totale paalbelasting en de paalzakking. Met de totale paalbelasting wordt bedoeld: de paalkopbelasting conform opgaaf constructeur vermeerderd met de negatieve kleef.
Omdat de gehele paal wordt gemodelleerd in de constructieve berekeningen, moet enkel de puntzakking in rekening worden gebracht. De elastische verkorting van de paal wordt in de constructieve berekening bepaald. Voor de veerstijfheid (druk) is de samendrukking van de lagen onder de paalpunt (s2) niet meegenomen door de korte duur van de maximale (variabele) belastingen op de paal.

De verticale veerstijfheid voor op druk belaste palen wordt als volgt berekend:

$$k_{v;gem} = \frac{F_{c;tot;i;rep}}{S_{punt}} \qquad (1.1)$$

Waarin:

$k_{v;gem}$	Is de verticale veerstijfheid (druk). Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende: - $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$ - $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$
$F_{c;tot;i;rep}$	Is de totale verticale paalbelasting (incl. negatieve kleef)
S_{punt}	Is de zakking van de paalpunt

De totale verticale paalbelasting (incl. negatieve kleef) en de zakking van de paalpunt worden berekend met het programma DFoundations, versie 8.1 van Deltares Systems. In deze berekening wordt een paalpuntniveau gekozen om het minimaal benodigde paaldraagvermogen te behalen. Wanneer het paaldraagvermogen is getoetst, wordt de totale verticale paalbelasting en de zakking van de paalpunt bepaald.

In de voorbeeldcase is het paaldraagvermogen en de verticale veerstijfheid van de paalfundering van mast 1 bepaald.

Berekeningsstappen

Zoals hierboven beschreven is zowel het draagvermogen als de verticale veerstijfheid (druk) voor de funderingspalen bepaald. Omdat bij deze berekeningen verschillende stappen worden doorlopen, is als vertrekpunt onderstaand stappenplan opgesteld.

Stap	Beschrijving	Voorbeeldcase mast 1
1	Bepaling representatief grondonderzoek. In de meeste gevallen bestaat dit uit een sondering en/of boring op de betreffende mastlocatie	Sondering S25A01907 en S25A01908 (Dino-loket)
2	Afleiden bodemopbouw en bijbehorende parameters	Zie tabel 1
3	Bepaling freatische grondwaterstand en stijghoogte	Aanname, 0,5 m minus maaiveld
4	Bepaling positieve- en negatieve kleefzone over de lengte van de paal (indien van toepassing)	o.k. negatieve kleef is NAP -18,0 m b.k. positieve kleef is NAP -18,0 m
5	Keuze paaltype, parameters en inschatting paalpuntniveau	Vibro-paal Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). PPN is ingeschat op NAP -27,5 m.
6	Toetsing paaldraagvermogen	Voldoet (Indien niet wordt voldaan, terug naar stap 5), tabel 4b
7	Bepaling totale paalbelasting (inclusief negatieve kleef) en zakking paalpunt	Zie resultaten tabel 4c
8	Bepaling verticale veerstijfheid a.d.h.v. de bij stap 7 bepaalde resultaten	Zie resultaten tabel 4c

Tabel 2 – Stappenplan bepaling verticale veerstijfheid (druk)

Wanneer de in tabel 2 genoemde stappen worden gevolgd, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule (1.1). De berekeningsresultaten zijn in tabel 4b en 4c opgenomen.

Verticale veerstijfheid (trek)

De verticale veerstijfheid voor op trek belaste palen wordt bepaald volgens CUR-AB 77. Deze methode beschrijft de bepaling van een samengestelde veerstijfheid en wordt als volgt berekend:

$$\frac{1}{k_{trek;axiaal}} = \frac{1}{k_{schacht}} + \frac{1}{k_{elastisch}} + \frac{1}{k_{rek}} + \frac{1}{k_{kruip}} \qquad (1.2)$$

Waarin:

$k_{trek;axiaal}$ Is de verticale veerstijfheid (trek). Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende:
- $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

$k_{schacht}$ Is de bijdrage uit mobilisatie van schachtwrijving, ($k_{schacht} = 190 \cdot F_{r;schacht;rep}$)

$k_{elastisch}$ Is de bijdrage van elastische verkorting van de paal, $k_{elastisch} = \frac{EA_{beton}}{L1 \cdot \frac{1}{2}(L-L1)}$

k_{rek} Is de bijdrage uit heffing van de grondlagen

k_{kruip} Is de bijdrage vanuit grondmechanische kruip

Het in rekening brengen van de verschillende delen is afhankelijk van de bodemgesteldheid en benodigde input voor de constructieve berekeningen. Omdat bij dit project de gehele paal wordt gemodelleerd door de constructeur (incl. $k_{elastisch}$) en rek- en kruip niet van toepassing is, wordt enkel de bijdrage uit mobilisatie van de schachtwrijving in rekening gebracht.

De verticale veerstijfheid voor op trek belaste palen wordt bij dit project dus aan de hand van de volgende formule bepaald:

$$\frac{1}{k_{trek;axiaal}} = \frac{1}{k_{schacht}} \qquad (1.3)$$

De bijdrage uit gemobiliseerde schachtwrijving ($k_{schacht}$) worden berekend met het programma DFoundations, versie 8.1 van Deltares Systems. In deze berekening wordt een paalpuntniveau gekozen (overeenkomstig met de “inschatting” bij de verticale veerstijfheid op druk) om het minimaal benodigde paaldraagvermogen te behalen, conform CUR 2001-4.
Wanneer het paaldraagvermogen is getoetst, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule 1.3.

Berekeningsstappen

Zoals hierboven beschreven is zowel het draagvermogen als de verticale veerstijfheid (trek) voor de funderingspalen bepaald. Omdat bij deze berekeningen verschillende stappen worden doorlopen, is als vertrekpunt onderstaand stappenplan opgesteld.

Stap	Beschrijving	Voorbeeldcase mast 1
1	Bepaling representatief grondonderzoek. In de meeste gevallen bestaat dit uit een sondering en/of boring op de betreffende mastlocatie	Sondering S25A01907 en S25A01908 (Dino-loket)
2	Afleiden bodemopbouw en bijbehorende parameters	Zie tabel 1
3	Bepaling freatische grondwaterstand en stijghoogte	Aanname, 0,5 m minus maaiveld
4	Bepaling bovenkant trekzone	1,0 m onder ontgravingniveau, is NAP -5,4 m (kleilagen niet in rekening gebracht)
5	Keuze paaltype, parameters en inschatting paalpuntniveau (conform tabel 2)	Vibro-paal Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). PPN is ingeschat op NAP -27,5 m.
6	Toetsing paaldraagvermogen (trek en druk)	Voldoet (Indien niet wordt voldaan, terug naar stap 5), tabel 4b
7	Bepaling Fr;schacht;rep (trek), waarbij γ_{st} = 1,00 en γ_{var} = 1,00;	Zie resultaten tabel 4c
8	Bepaling verticale veerstijfheid a.d.h.v. de bij stap 7 bepaalde resultaten	Zie resultaten tabel 4c

Tabel 3 – Stappenplan bepaling verticale veerstijfheid (trek)

Wanneer de in tabel 2 genoemde stappen worden gevolgd, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule (1.3). De berekeningsresultaten zijn in tabel 4b en 4c opgenomen.

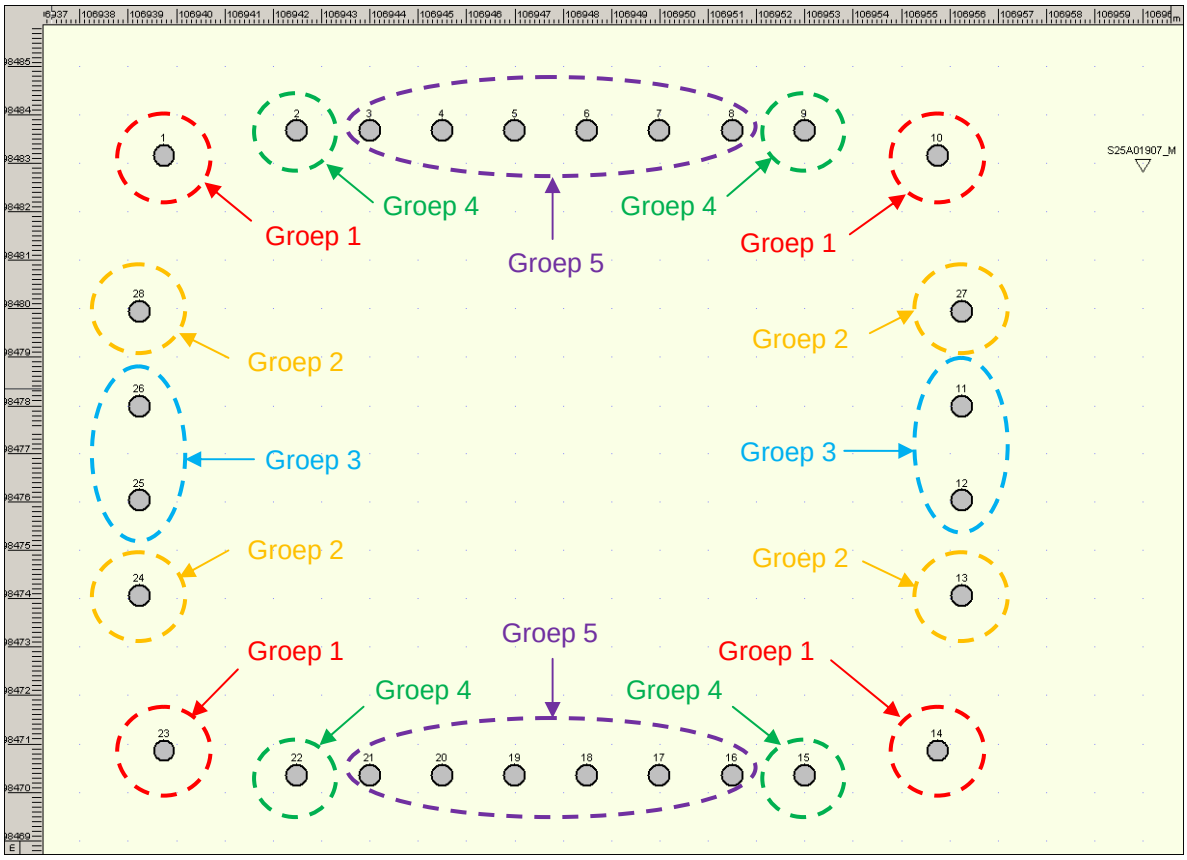
In de voorbeeldcase van mastlocatie 1 zijn de in tabel 2 en tabel 3 vermelde stappen opgenomen. Achtereenvolgend zijn de volgende berekeningen uitgevoerd voor mastlocatie 1:

- Bepalen horizontale beddingconstanten o.b.v. de gevonden bodemopbouw;
- Dimensioneren paalfundering aan de hand van het berekende trek- en drukdraagvermogen;
- Bepalen verticale veerstijfheid (druk);
- Bepalen verticale veerstijfheid (trek).

Voorbeeldcase mastlocatie 1

Berekeningsresultaten

Op basis van de eerder vermeldde berekeningsstappen en methodiek is het paaldraagvermogen bepaald, evenals de verticale veerstijfheden. De door de constructeur opgegeven paalkopbelastingen zijn in tabel 4a opgenomen. Hierbij is zoals in voorgaande paragrafen van de rekenmethodiek al is vermeld, uitgegaan van een paalpuntniveau van NAP -27,5 m. Deze wordt aan de hand van berekeningen getoetst. De berekeningsresultaten zijn in tabellen 4b en 4c opgenomen. Hierbij is rekening gehouden met het groepseffect en is onderscheid gemaakt in de verschillende paalgroepen die met name bij de bepaling van het trekdraagvermogen een rol spelen. Voor een schematisch overzicht van het palenplan en de verdeling van de paalgroepen wordt verwezen naar figuur 1. In groep 5 zijn drie groepen conform het berekeningsrapport samengevoegd aangezien het berekende paaldraagvermogen van deze drie groepen gelijk is.



Figuur 1 – Schematisch overzicht paalgroepen

Paal-groep, [-]	Fs;druk;rep (1 [kN]	Fs;trek;rep [kN]	Fs;druk;d (1 [kN]	Fs;trek;d [kN]	Benodigde PPN [m+NAP]
1	1225	558	1522	779	-27,5

2	1225	539	1522	775	-27,5
3	1225	514	1522	749	-27,5
4	1225	461	1522	682	-27,5
5	1225	364	1522	580	-27,5
(1 Maatgevende paalreactie conform opgaaf constructeur. Groepswerking speelt hierin geen rol (druk)					

Tabel 4a – Paalkopbelastingen mast 1 (excl. negatieve kleef), conform opgaaf constructeur

Op basis van de door de constructeur opgegeven paalbelastingen is het paaldraagvermogen bepaald. Voor de resultaten van de berekende draagkracht wordt verwezen naar tabel 4c. Bij het trekdraagvermogen en de veerstijfheid (trek) is zoals eerder vermeld het groepseffect in rekening gebracht. Hierbij is rekening gehouden met de schoorstand van 10:1. Hier is voor gekozen omdat de veerstijfheid onrealistisch hoog zou zijn als van een enkele paal wordt uitgegaan, orde grootte 2 à 2,5 maal hoger.

Paal-groep [-]	**Fs;druk;d** [kN]	**Fs;nk;d** [kN]	**Fs;tot;druk;d** [kN]	**Fr;druk;d** [kN]	**TOETS** Fr;druk;d > Fs;tot;druk;d [V/VN]	**Fs;trek;d** [kN]	**Fr;trek;d** [kN]	**TOETS** Fr;trek;d > Fs;trek;d [V/VN]
1	1522	344	1866	2652	**V**	779	1052	**V**
2	1522	344	1866	2652	**V**	775	953	**V**
3	1522	344	1866	2652	**V**	749	843	**V**
4	1522	344	1866	2652	**V**	682	849	**V**
5	1522	344	1866	2652	**V**	580	686	**V**

Tabel 4b – Paaldraagvermogen Vibro-palen mast 1

Paalgroep / **Resultaten**	**Groep 1**	**Groep 2**	**Groep 3**	**Groep 4**	**Groep 5**
Veerstijfheid (druk)					
S_b (puntzakking), [mm]	2,1				
$F_{s;tot;i;rep}$ (drukbelasting incl. neg.kleef), [kN]	1569				
K_{punt}, [MN/m]	747,1				
$K_{punt;laag}$, [MN/m]	528				
$K_{punt;hoog;rep}$, [MN/m]	1056				
Veerstijfheid (trek)					
$F_{r;schacht;rep}$, [kN] (1	1791	1538	1261	1315	981
$K_{trek;axiaal}$, (schachtt), [MN/m]	340,3	292,2	239,6	249,9	186,4
$K_{trek;axiaal;laag}$, [MN/m]	240,6	206,6	169,4	176,7	131,8
$K_{trek;axiaal;hoog}$, [MN/m]	481,3	413,2	338,8	353,4	263,6
(1 *Representatief trekdraagvermogen o.b.v.* γ_{st} = 1,00 en γ_{var} = 1,00 *Opmerking: De elastische verkorting is door de constructeur bepaald door het modelleren van de gehele paal in de constructieve berekeningen.*					

Tabel 4c – Berekeningsresultaten verticale veerstijfheden

Voor de in tabel 4c berekende veerstijfheden is reeds een hoge en lage waarde berekend voor het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse voor de constructie door:

- $k_{paal;laag} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

Conclusies en aanbevelingen

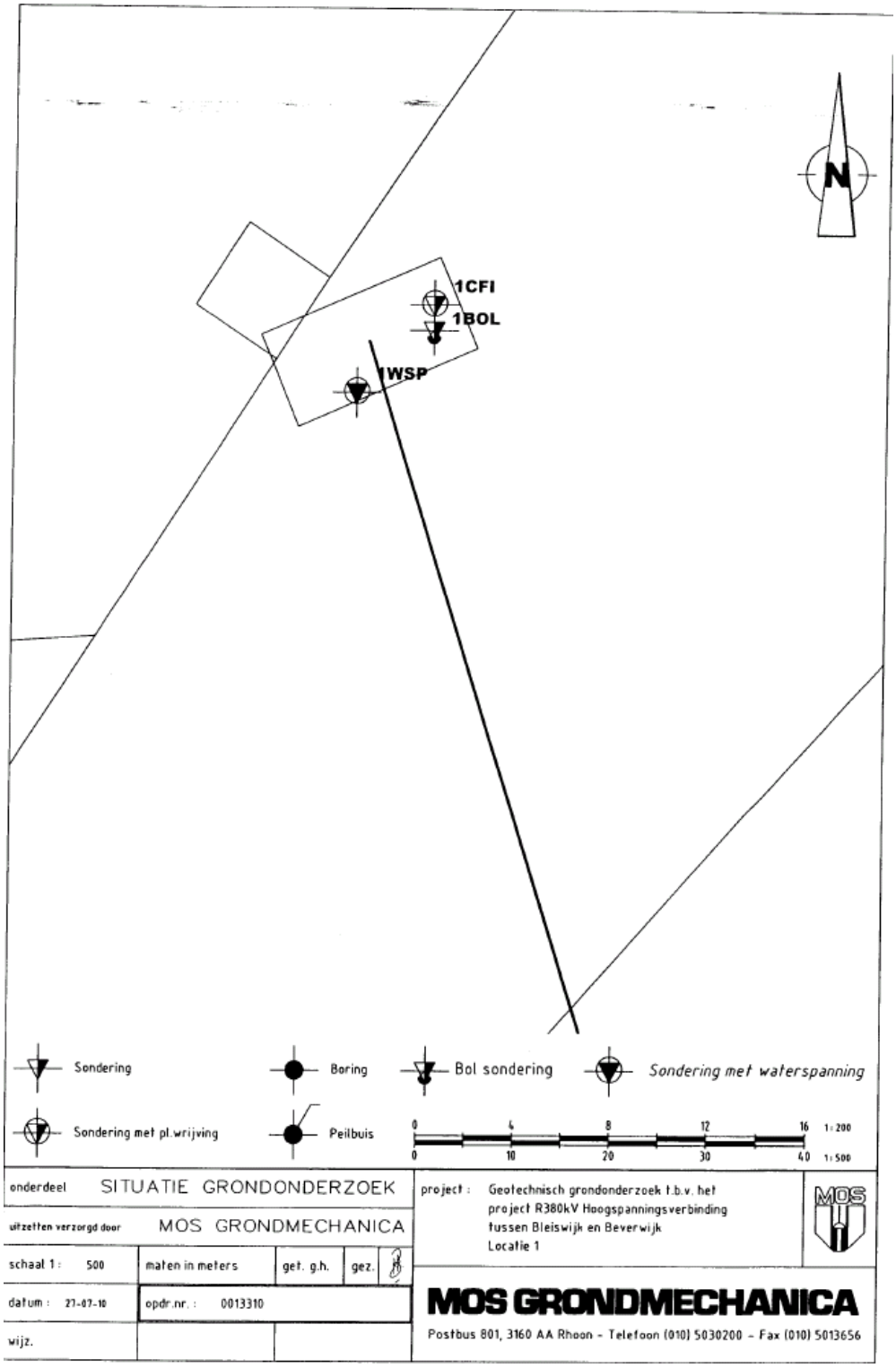
Geconcludeerd wordt dat bij mast 1 met Vibro-palen Ø456 (voetplaat 510 mm) met een paalpuntniveau van NAP-27,5 m, wordt voldaan aan vigerende normen en richtlijnen.
De rotatie van de poer en benodigde wapening, is door de constructeur bepaald op basis van de in tabel 4c berekende veerstijfheden.

Bij het ontwerp van de palen dient door de geotechnisch adviseur een paalpuntniveau (PPN) bepaald te worden. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de uitvoerbaarheid van het gekozen paaltype en het PPN.

Bijlagen:

1. Geotechnisch grondonderzoek
2. Paalspecificatie Vibro-paal
3. Berekeningsresultaten

Bijlage 1: Geotechnisch grondonderzoek

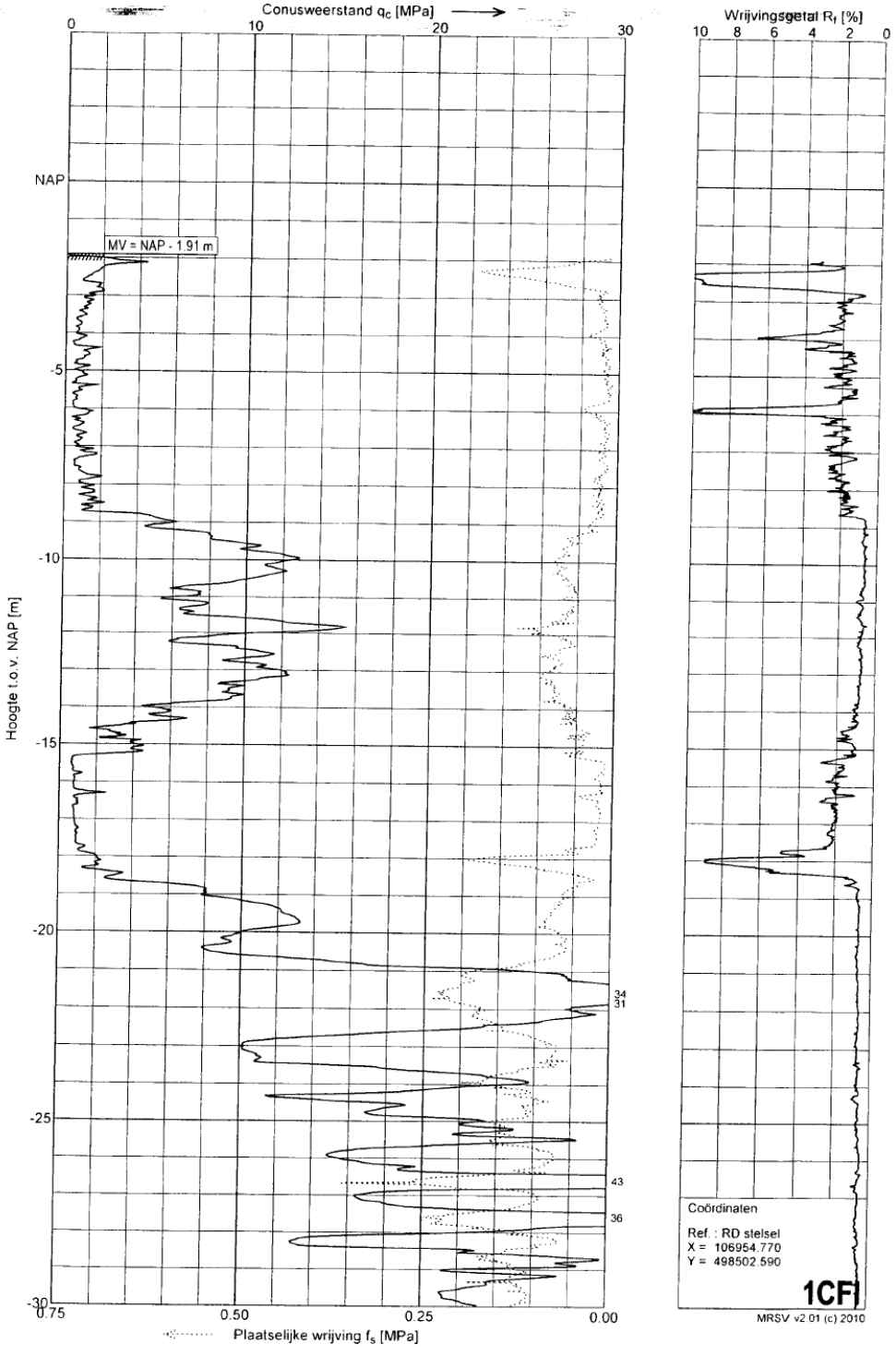


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

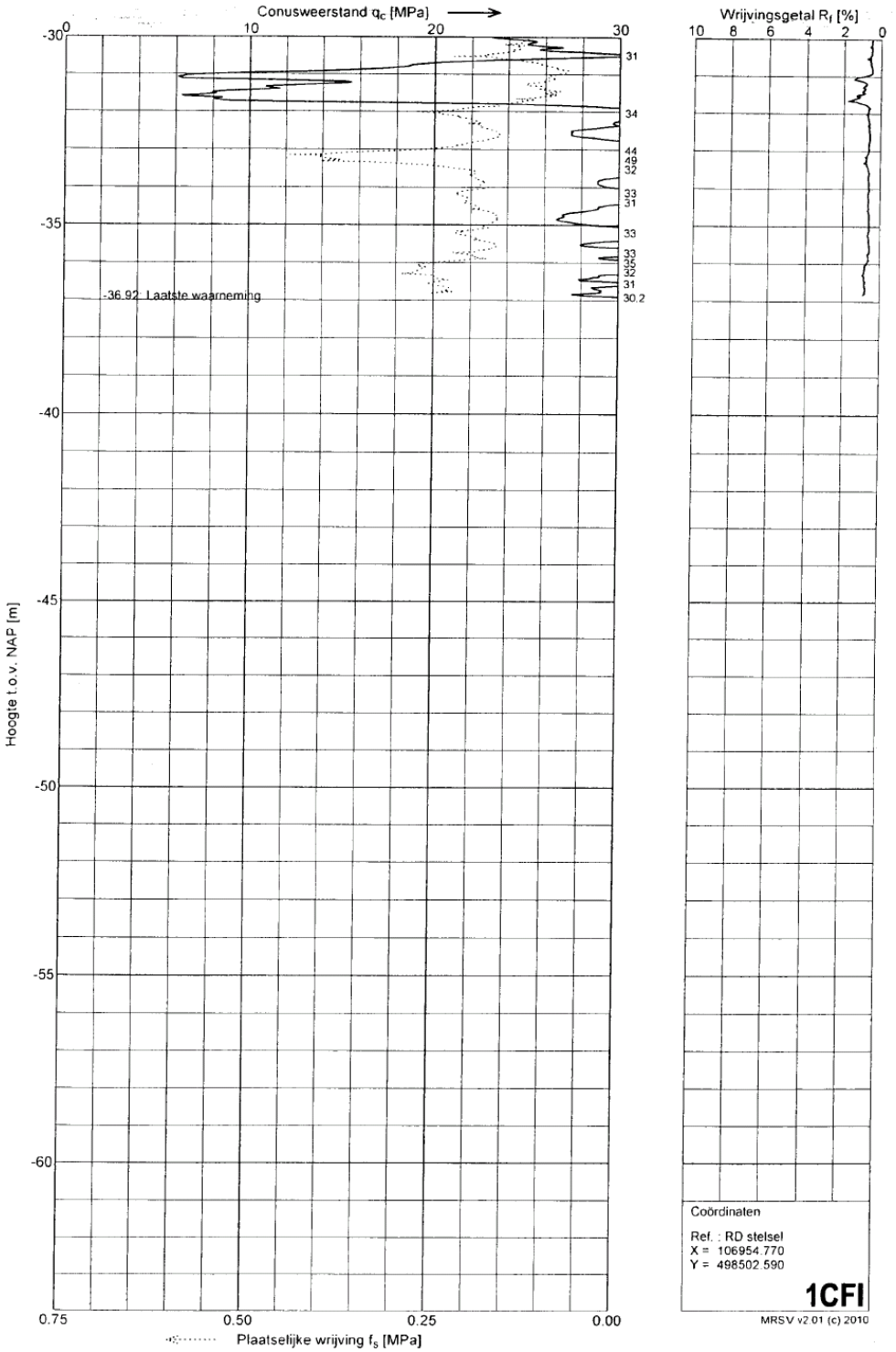


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2

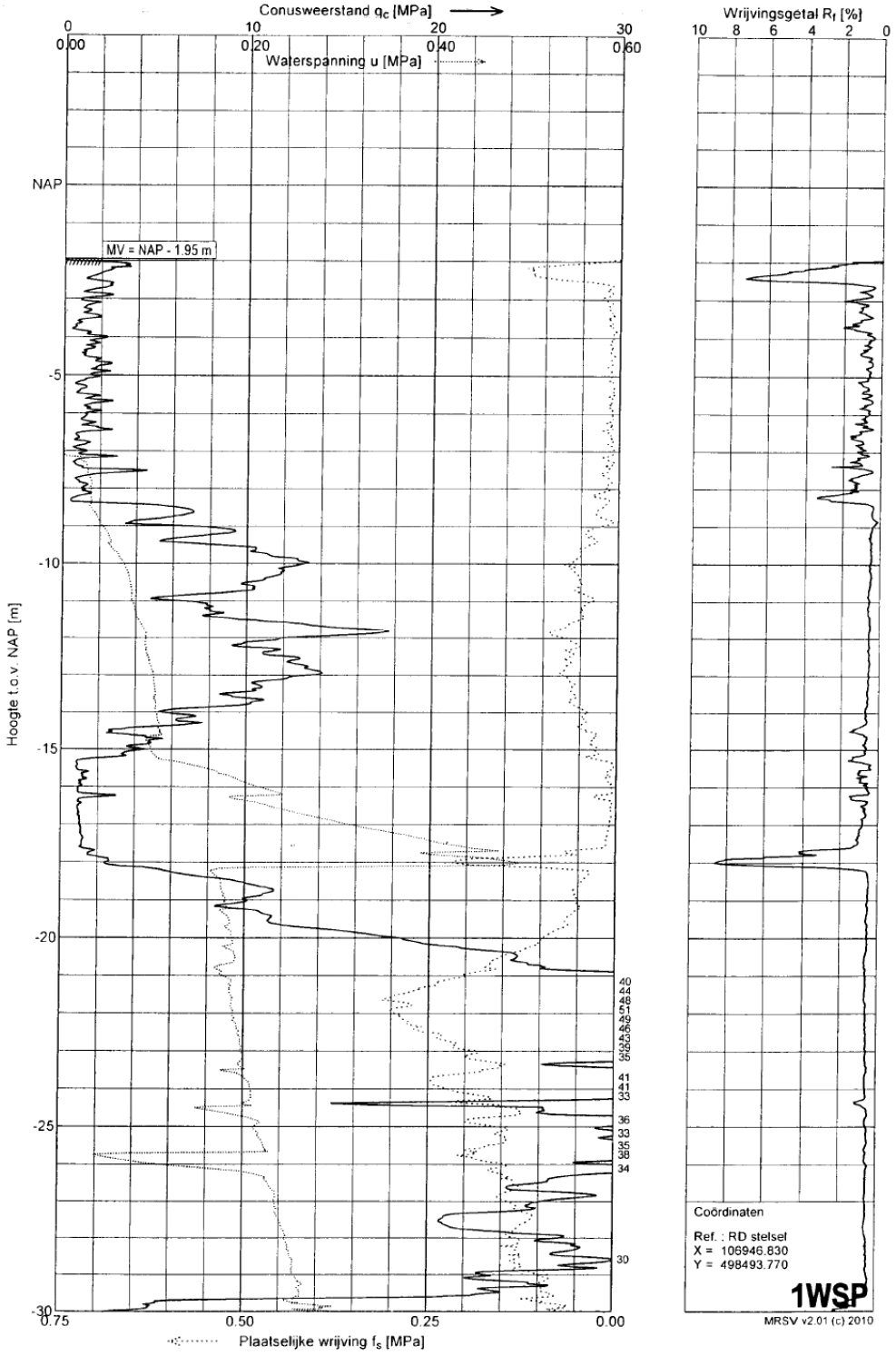


Sondering 1WSP

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

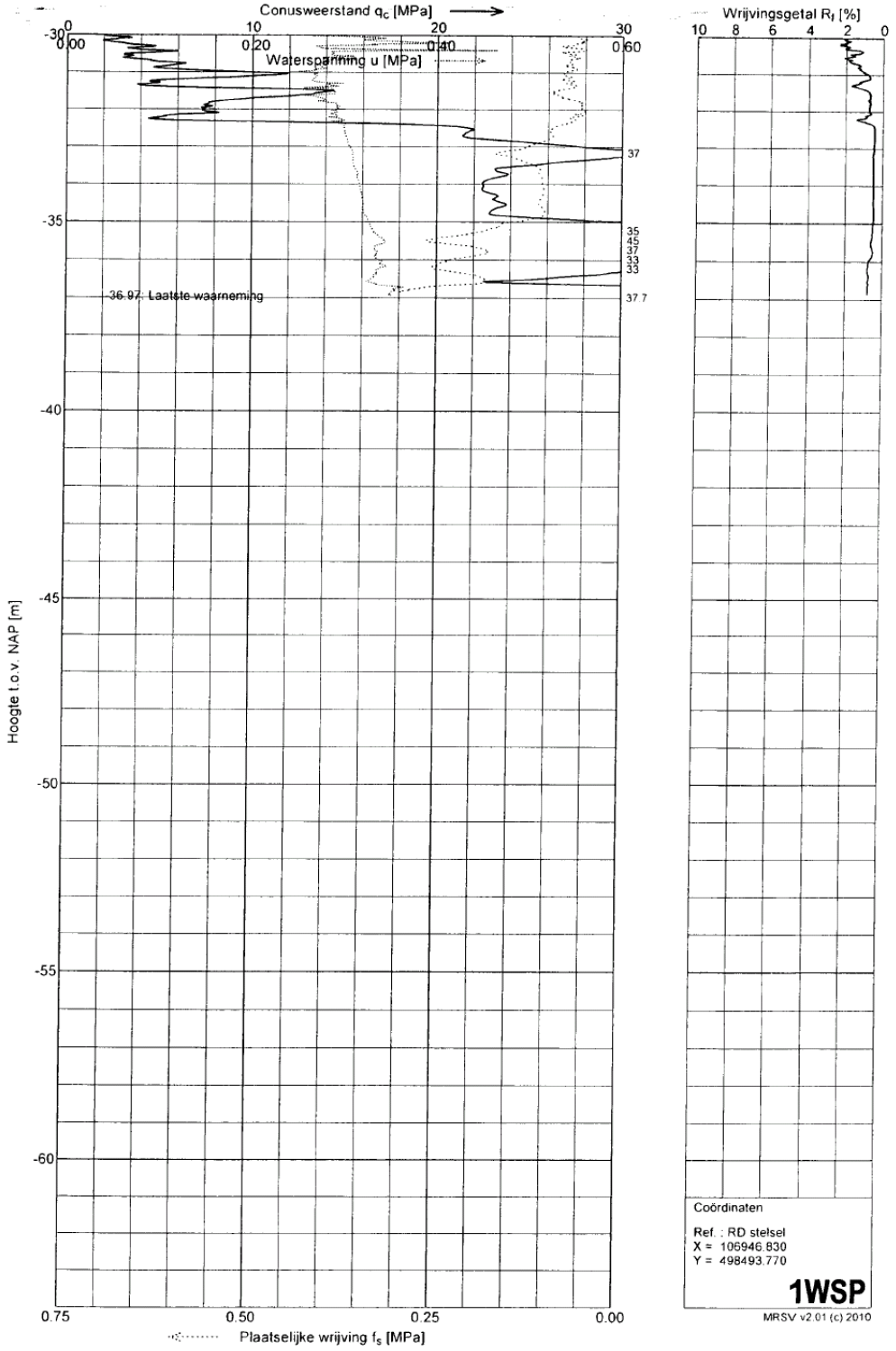


Sondering 1WSP

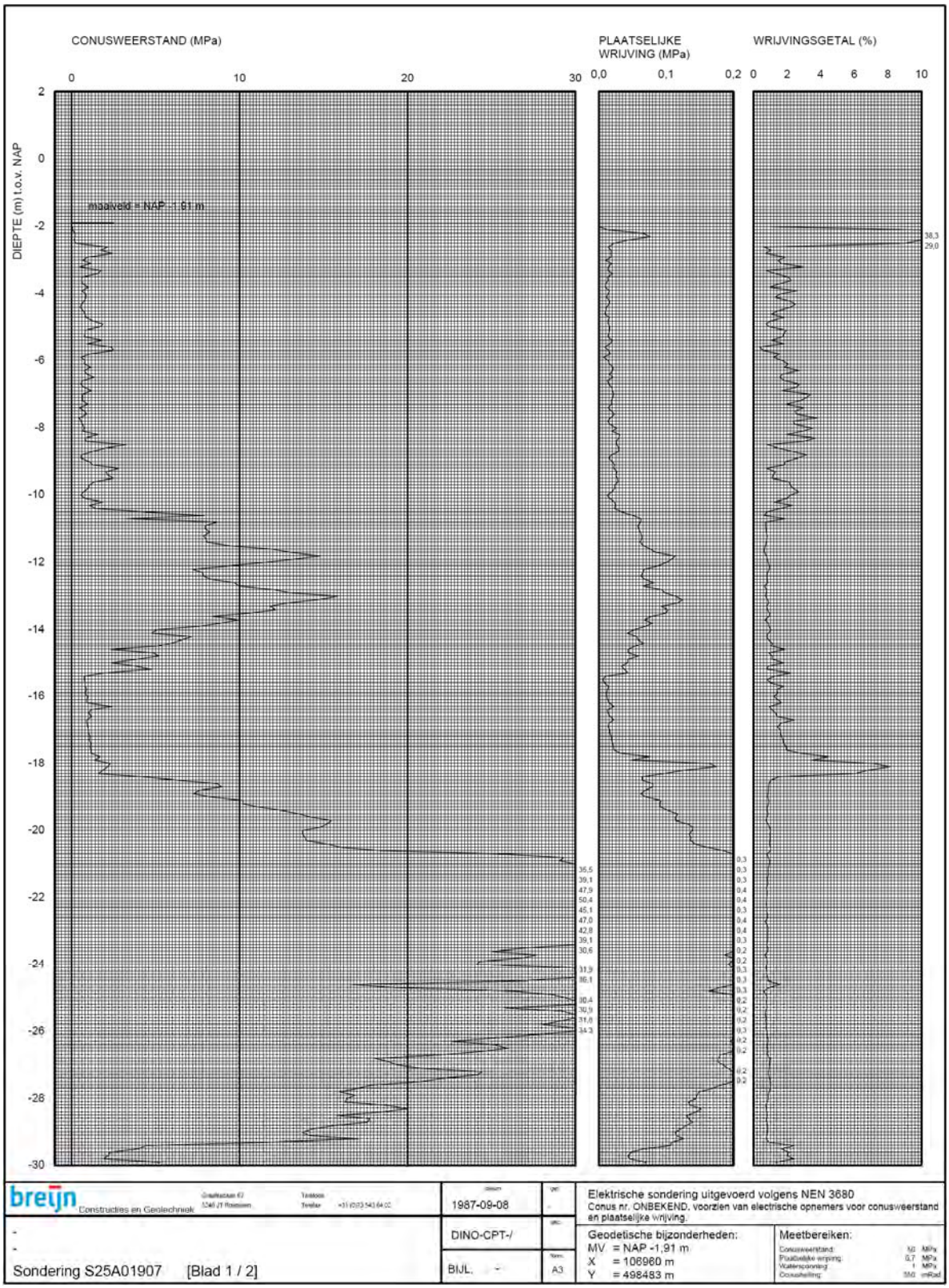
Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

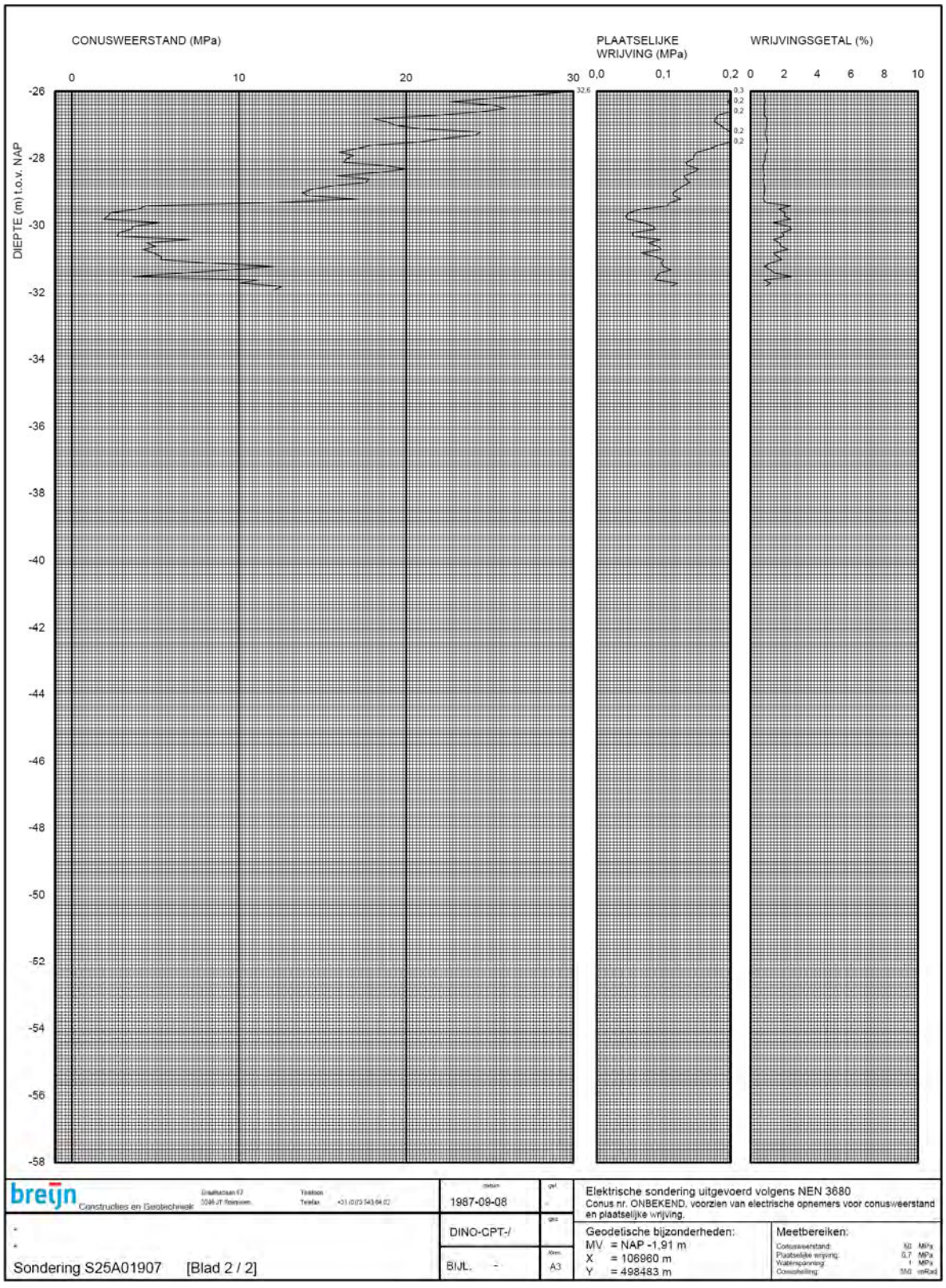
Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

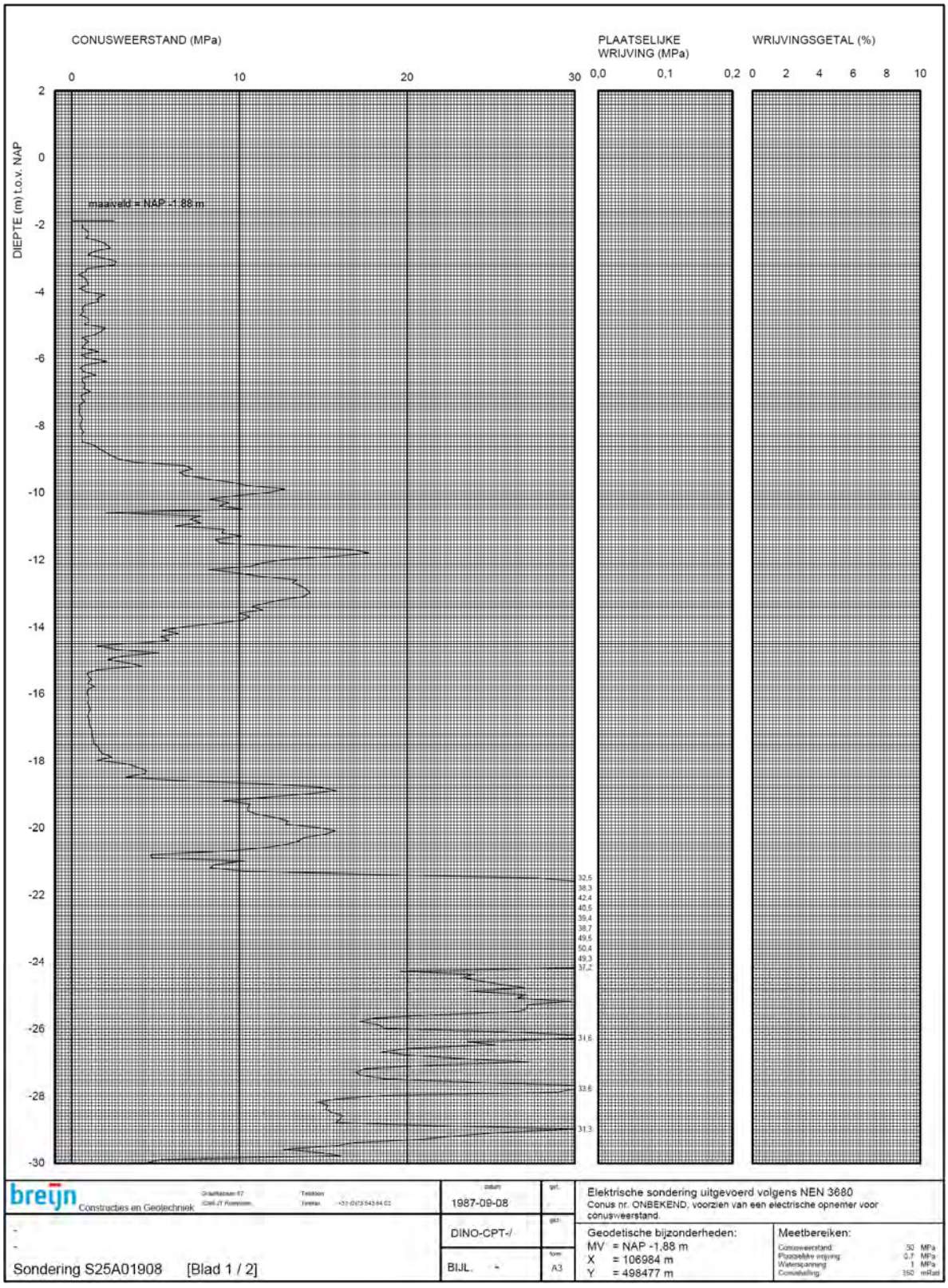
NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2

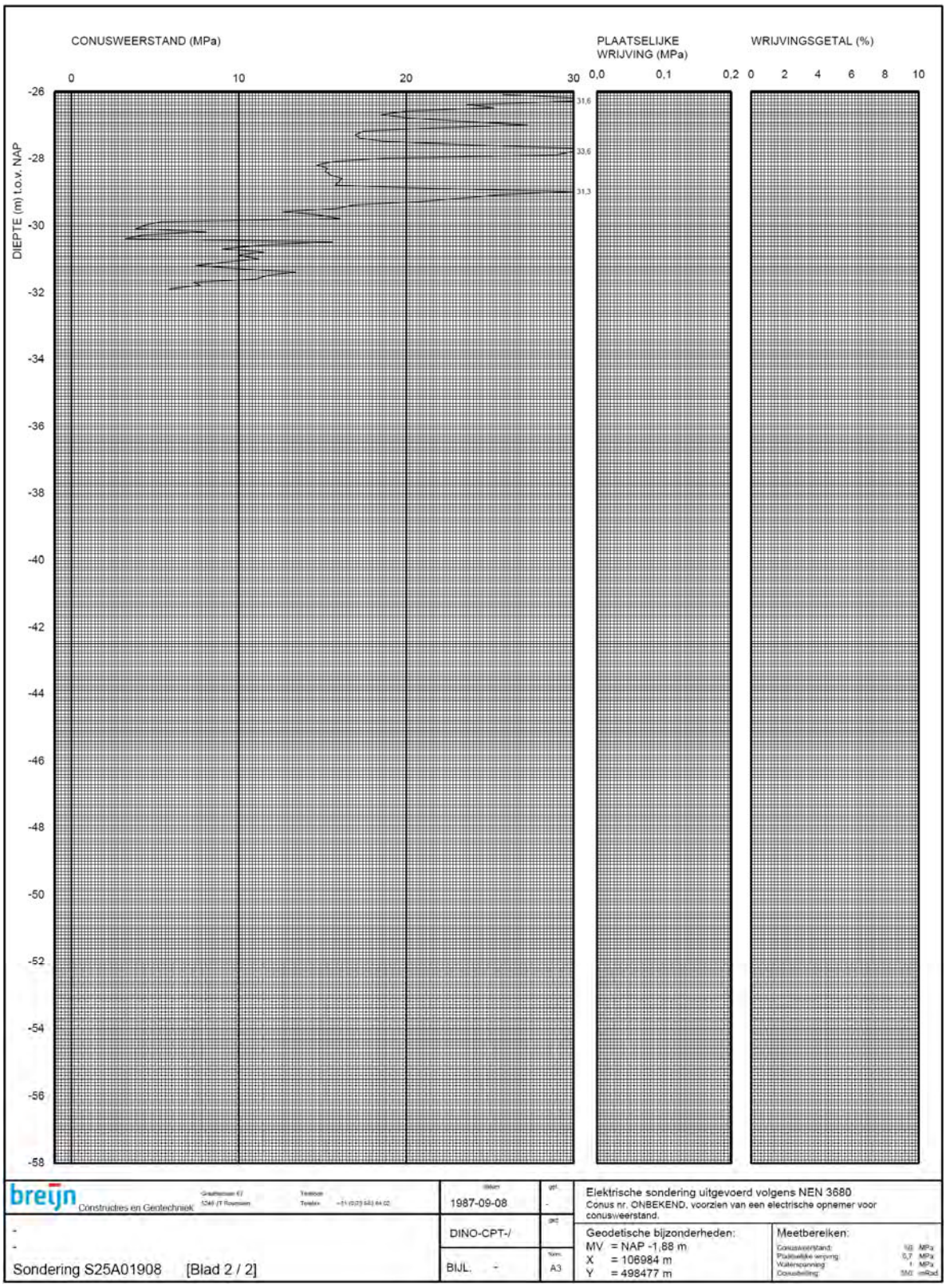


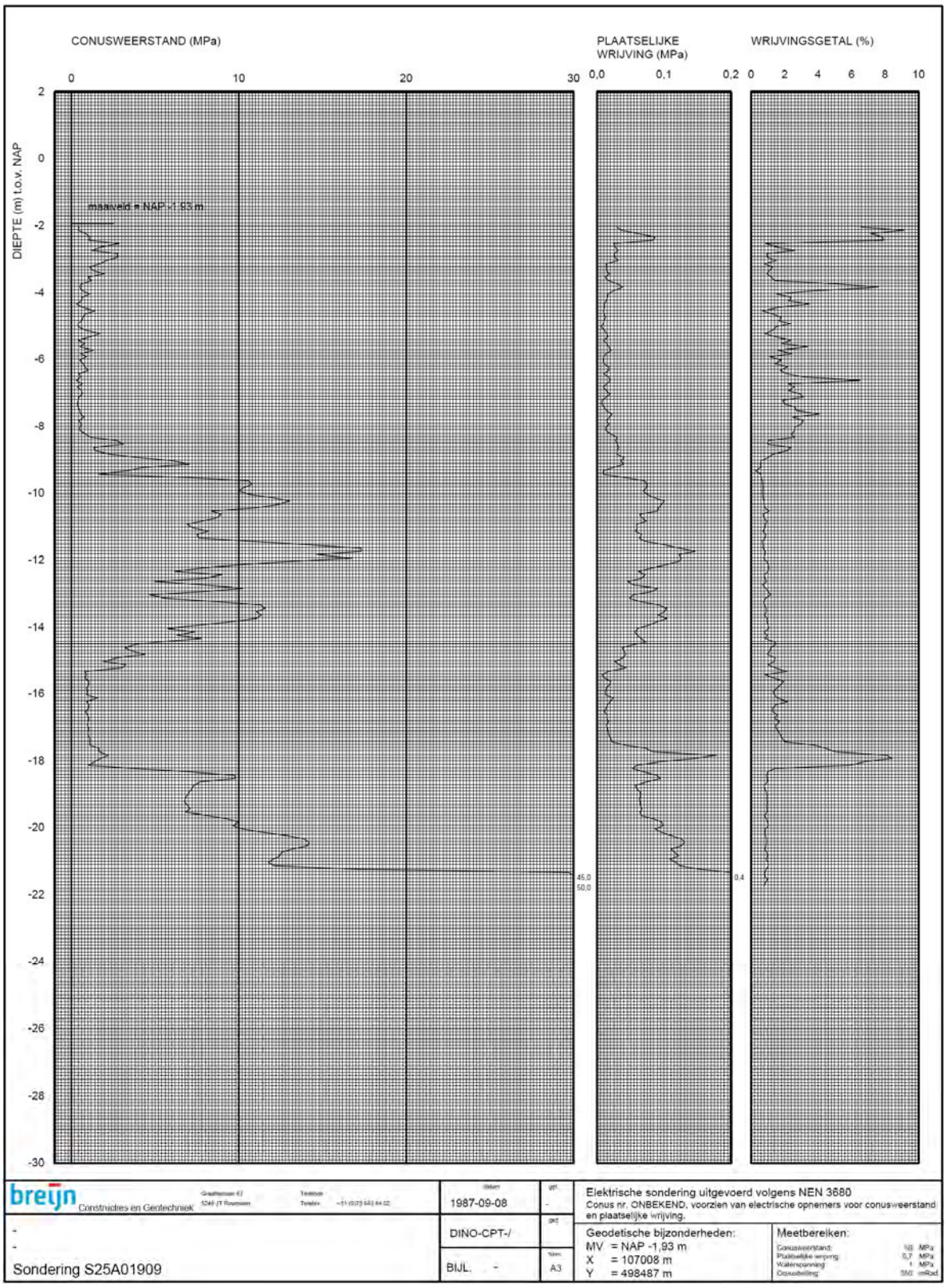
S25A01911
S25A01910
S25A01909
S25A01908
S25A01907
©2009 Google
Cog hoogte 608 m
© 2012 Google
Image © 2012 Aerodata International Surveys
52°28'21.39" N 4°40'46.24" O verh. -1 m
Datum van beeldmateriaal: 2005


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,91 m
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL. -
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,91 m
X = 106960 m
Y = 498483 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01907 [Blad 1 / 2]


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
0
2
4
6
8
10
-26
-28
-30
-32
-34
-36
-38
-40
-42
-44
-46
-48
-50
-52
-54
-56
-58
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
DINO-CPT-/
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,91 m
X = 106960 m
Y = 498483 m
Meetbereiken:
BIJL. -
A3
Sondering S25A01907 [Blad 2 / 2]


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,88 m
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL.
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van een electrische opnemer voor conusweerstand.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,88 m
X = 106984 m
Y = 498477 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01908 [Blad 1 / 2]


CONUSWEERSTAND (MPa)
0
10
20
30
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
0,0
0,1
0,2
WRIJVINGSGETAL (%)
0
2
4
6
8
10
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
-26
-28
-30
-32
-34
-36
-38
-40
-42
-44
-46
-48
-50
-52
-54
-56
-58
31,6
33,6
31,3
breijn Constructies en Geotechniek
1987-09-08
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van een electrische opnemer voor conusweerstand.
DINO-CPT-/
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,88 m
X = 106984 m
Y = 498477 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01908 [Blad 2 / 2]
BIJL. -
A3


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,93 m
45,0
50,0
0,4
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL. -
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,93 m
X = 107008 m
Y = 498487 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01909

Bijlage 2: Paalspecificaties Vibro-paal

(Bron: Funderingshandboek, SBR, 2010)

Trefwoorden

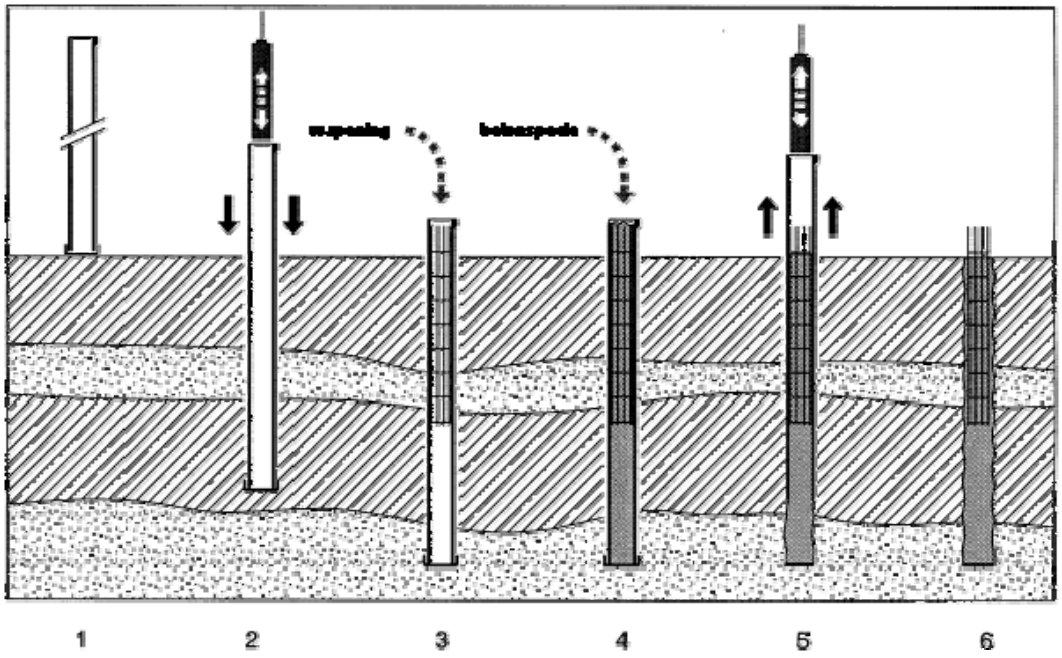
mate van grondverdringing:	grondverdringend
installatiewijze:	heien
trillingen:	niet trillingsarm
fabricage:	in de grond gevormd
groutinjectie:	nee
materiaal:	beton

A. Typering van het systeem

In de grond gevormde, grondverdringende betonpaal, vervaardigd met behulp van een heiend ingebrachte, stalen hulpbuis.

B. Vervaardiging

Figuur B 44-1 Uitvoeringswijze vibropaal



Omschrijving:

- Een stalen hulpbuis, voorzien van een voetplaat, wordt op het maaiveld geplaatst.
- De buis wordt ingebracht door middel van heiwerk op de bovenzijde van de buis.
- Bij het bereiken van het gewenste niveau wordt de wapening in de buis afgehangen, nadat is gecontroleerd of de buis droog en vrij van grond is.
- De buis wordt gevuld met betonspecie.
- De buis wordt getrokken door middel van terugheien met een heiblok of trillen met een trilblok c.q. (ring)vibrator, zoals toegepast bij het type 'vibrexpaal' (Verstraeten).
- De paal wordt afgewerkt en de stelling kan verplaatst worden.

Een soortgelijk paalsysteem is de zogenoemde *Grondbouwpaal*.
Over het eerste traject wordt de paal met behulp van een trilblok op diepte gebracht. Vervolgens wordt geheid tot aan het gewenste paalpuntniveau. De hulpbuis wordt trillend getrokken. Dit paaltype vindt nagenoeg geen toepassing meer.
Een andere variant op de vibropaal is de *HSP-paal*, zie B 4440.
Ook worden enigszins met de HSP-paal vergelijkbare systemen op de markt gebracht zoals de *VSD-paal* (Vibro Small Diameter paal) van Vroom en het betreffende systeem van Vibrocom en Nederfund: de *MVP paal* (Mini Vibro Paal).

Kenmerken hiervan zijn:
- toepassing kleine diameter;
- buis wordt hoogfrequent trillend ingebracht
- bij deze systemen is het essentiële verschil met de HSP-paal dat er geen interne afsluiter in de buis is voorzien. Een controle van het niveau van de betonspecie in de buis voordat deze wordt getrokken is dan ook een belangrijk aandachtspunt, mede in verband met de snelheid van het installatieproces.

C. Inbrenginstallatie

1. Gegevens stelling

a. Gehanteerde typen: afhankelijk van de betreffende leverancier.
b. Zwaarste onderdeel: circa 0,30 à 0,95 MN, afhankelijk van het stellingtype.
c. Wijze van transport naar de bouwplaats: dieplader.
d. Benodigd hulpmaterieel: niet van toepassing.
e. Wijze van transport op de bouwplaats: zelfverplaatsend materieel.
f. Maximaal begaanbare helling: 1:10 à 1:7.

VSD-paal (Vroom):
- type Eco 6525-S
- gewicht productiegereed 800 kN
- helling tot 1:10

2. Capaciteit inbrengmaterieel

De gangbare diesel-, hydraulische en persluchtblokken met een heienergie tot 100 à 120 kNm.

3. Trillingsniveaus

Dit systeem kan niet als trillingsarm worden aangemerkt.

4. Geluidsniveaus

Tot maximaal circa 105 à 107 dB(A) op 10 m. De frequentie van het geluid is relatief hoog.

D. Karakteristieke eigenschappen

1. Dwarsafmetingen

De volgende afmetingen voor de uitwendige schachtdiameter worden min of meer standaard toegepast: Ø 273 mm∗, 280 mm∗, 300 mm, 320 mm, 340 mm, 356 mm, 368 mm, 380 mm∗, 406 mm, 446 mm, 470 mm∗, 508 mm, 556 mm en 610 mm (maten met een sterretje afhankelijk van de betreffende leverancier). De maat van de voetplaat is in de regel 40 à 50 mm groter dan bovengenoemde afmetingen.
VSD-paal/MVP-paal
Uitwendige schacht-/voetdiameter hulpbuis: Ø 180 mm, Ø 219 mm en Ø 273 mm

2. Mogelijke paallengten

Tot circa 30 à 45 m.
VSD-paal/MVP-paal: tot circa 24 m, afhankelijk van de grondslag

3. Gebruikelijke wapening

a. Hoofdwapening: 4 Ø 12 mm tot 5 Ø 16 mm; zware wapening Ø 32 mm. Eventueel kunnen staalprofielen of voorspanstaven worden aangebracht.
b. Beugels: h.o.h. 1 m of kleiner of spiraalwapening.

E. Draagkracht/vervormingsgedrag

1. Grondmechanische draagkracht

a. Paalklassefactoren conform NEN 6743-1:
   - paalpunt
     $\alpha_p = 1,0$
     $\beta = 1,0$ bij de standaardbuis-/voetplaatafmetingen. Bij relatief grote voetplaatafmetingen moet een lagere factor in rekening worden gebracht, overeenkomstig norm NEN 6743-1.
   - schachtwrijving drukpalen
     $\alpha_s = 0,012$ bij trillend getrokken buis (type Vibrex, VSD, MVP)
     $\alpha_s = 0,014$ bij heiend getrokken buis.
   - schachtwrijving trekpalen volgens CUR-richtlijn 2001-4
     $\alpha_t = 0,010$ bij trillend getrokken buis (type Vibrex, VSD, MVP)
     $\alpha_t = 0,012$ bij heiend getrokken buis.
   - zie ook opmerkingen B 4440 onder E1
b. Aanvullende bepalingen bij berekening paaldraagkracht: niet van toepassing.
c. Last-vervormingsgedrag: overeenkomstig type 1 van NEN 6743-1 (figuur A 34-18 en A 34-19).

d. Belastingsspectrum: tot maximaal circa 3.500 à 5.000 kN druk (rekenwaarde).

2. Wat wordt als paalpuntniveau aangemerkt?
Niveau voetplaat.

3. Mogelijkheden voor vergroting van de grondmechanische draagkracht
Bij een aantal leveranciers bestaat de mogelijkheid de draagkracht te vergroten door middel van het uitheien van een bolvoet met betonspecie of zand.

4. Mogelijkheden voor reductie van de negatieve kleef
Door middel van het toepassen van een vibro-combinatiepaal (prefab-betonkern met bentonietomhulling, geplaatst in de hulpbuis) of een terra-combipaal (prefab-betonkern, voorzien van een bentonietomhulling in de samendrukbare bodemlagen); zie B 5400.

F. Mogelijke toepassingen
1a. Toepasbaarheid bij grote variatie in de bodemgesteldheid
Goed in verband met variabele paallengte en verkrijgen van kalendergegevens bij het inbrengen van de palen.

1b. Toepasbaarheid bij slappe bodemlagen
Bij de aanwezigheid van zeer slappe bodemlagen is overleg met de betreffende leverancier nodig in verband met mogelijke beperkingen in de toepassing van dit paalsysteem. Eventueel kan een permanente casing worden aangebracht.

2. Mogelijke schoorstanden
Maximaal 3:1 à 4:1 achterover en 4:1 à 10:1 voorover, een en ander afhankelijk van het stellingtype.

3. Uitvoering in beperkte ruimten
Niet mogelijk.

4. Minimale hart-op-hart-afstand in verband met uitvoering
Normaliter 2,25 à 2,5× d_{voet} indien de naburige palen een ouderdom van minimaal één dag hebben bereikt. Bij een kortere wachttijd geldt een minimale h.o.h.-afstand van 4x d_{voet}. Bij kleine hart-op-hart-afstanden kan door de verdichting van de zandlagen zwaar heiwerk ontstaan met het risico dat de palen niet op diepte komen.

5. Minimale tussenafstand tot belendingen in verband met uitvoering
Minimaal circa 0,8 à 0,9 m. Indien de stelling een hoek moet maken met de gevellijn, moet rekening worden gehouden met een grotere afstand. Bij een kleine tussenafstand moet wel de mogelijke invloed van de uitvoering op de fundering van de belendingen worden onderzocht.

6. Mogelijke uitvoering vanaf open water
Uitvoering vanaf open water is in principe mogelijk, vooral indien een combinatiepaal of casingpaal wordt toegepast, zie B 5300.

7. Geschiktheid als trekpaal
Goed geschikt, met of zonder voorspanning, bij installatie van de benodigde wapening.

8. Aanvullende bepalingen/opmerkingen
De palen moeten overeenkomstig norm NVN6724 zonder onderbreking worden afgestort tot het werkniveau van waaraf de palen worden vervaardigd in verband met het evenwicht tussen de inwendige betonspeciedruk en de uitwendige gronddruk. Het lager dan tot het werkniveau afstorten is niet toelaatbaar tenzij de specie met een inwendig valblok wordt verdicht.

G. Kwaliteitszorg
De beoordelingsrichtlijn BRL-2356 van het KIWA met bijlage C is in principe van toepassing. Er is echter voor deze BRL slechts één certificaathouder beschikbaar. Ook is norm NVN6724 vigerend: 'In de grond gevormde funderingselementen van beton of van mortel'. Voorts zijn eisen geformuleerd in norm NEN-EN12699: 'Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk: Verdringingspalen'. Verder wordt gebruikgemaakt van interne uitvoeringsrichtlijnen. Er zijn bedrijven die beschikken over een gecertificeerd kwaliteitsplan overeenkomstig de NEN/ISO-normen.
Tevens wordt gebruikgemaakt van interne uitvoeringsrichtlijnen.
Kwaliteitsborging van de VSD- en MVP-palen vindt plaats door middel van een geautomatiseerd installatieproces. Hierbij worden diverse parameters geregistreerd. In verband met de grote snelheid van de installatie van dit soort paalsystemen is het van belang dat er een eenduidige controle is dat de hulpbuis in voldoende mate, tot in de punt, is gevuld met betonspecie voordat de buis wordt getrokken.

Bijlage 3: Berekeningsresultaten
Draagkracht (Druk)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:07:17
Date of calculation:	15-8-2012
Time of calculation:	9:52:12
Filename:	S:\..\BEREKENINGEN DEFINITIEF\Mast 1_Draagkracht druk_1op10
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht druk_1op10

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Bearing Piles 3
2.4 Superstructure 3
2.5 General CPT Data 3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.6.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.7 Pile Types 6
2.7.1 Pile type : LostTip 510 6
2.7.2 Pile type : LostTip 506 6
2.8 Foundation Plan 6
2.8.1 View of Foundation Plan 7
2.9 Excavation Data 8
2.10 Totalized Loads (design values) 8
2.11 Requirements 8
2.12 Overruled Parameters 8
2.13 Calculation Options 8
2.14 Model Options 8
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : LostTip 510 10
3.4 Verification of Limit State EQU 11
3.5 Verification of Limit State GEO 11
3.6 Verification of Serviceability limit state 11
3.7 Additional Information 11
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO 12
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State 12

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Breijn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht druk_1op10
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

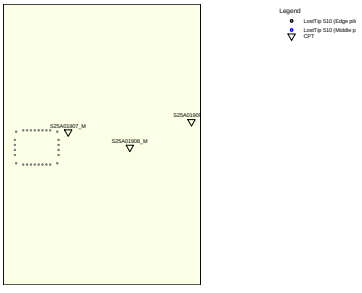
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure :	Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



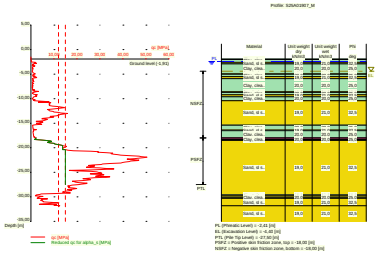
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: S25A01907_M	-27,50	-18,00	-18,00	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	-27,50	-18,00	-18,00	106984,00	498477,00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.6.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,110
Number of layers in profile :	25

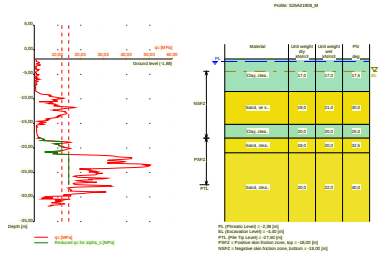


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
2	-2,010	20,00	20,00	25,00	Clay	--
3	-2,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
4	-2,710	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
5	-2,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
6	-4,910	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
7	-5,010	20,00	20,00	25,00	Clay	--
8	-5,510	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
9	-5,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
10	-8,610	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
11	-8,710	20,00	20,00	25,00	Clay	--
12	-9,210	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
13	-9,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
14	-10,410	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
15	-15,410	20,00	20,00	25,00	Clay	--
16	-16,410	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
17	-16,510	20,00	20,00	25,00	Clay	--
18	-18,010	12,00	12,00	15,00	Peat	--
19	-18,310	20,00	20,00	25,00	Clay	--
20	-18,510	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
21	-29,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
22	-29,810	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
23	-30,110	20,00	20,00	25,00	Clay	--
24	-30,310	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
25	-31,810	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200

2.6.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT	S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,880
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,380
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,110
Number of layers in profile :	5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1,880	17,00	17,00	17,50	Clay	--
2	-8,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
3	-15,200	20,00	20,00	25,00	Clay	--
4	-18,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
5	-21,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : LostTip 510

Pile type :	User defined (vibrating)
Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel: Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat: alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN 9097-1 (i) Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.	
Pile type for determination of pile class factor alpha_p : Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (user defined : Pile tip, shape factor) :	1,00
s (user defined : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,510
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

2.7.2 Pile type : LostTip 506

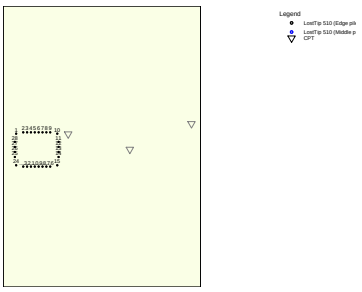
Pile type :	User defined (vibrating)
Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel: Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat: alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN 9097-1 (i) Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.	
Pile type for determination of pile class factor alpha_p : Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 1997-1:2005.	
s (user defined : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,506
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

2.8 Foundation Plan

Number of piles :	28
Number of collaborating piles* :	28

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

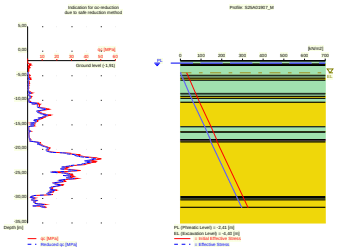
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Fc;d (EQU/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	106939,75	498483,15	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
2: 2	106942,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
3: 3	106944,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
4: 4	106945,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
5: 5	106947,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
6: 6	106948,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
7: 7	106950,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
8: 8	106951,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
9: 9	106953,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
10: 10	106955,75	498483,15	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
11: 11	106956,26	498479,94	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
12: 12	106956,26	498477,98	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
13: 13	106956,26	498476,02	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
14: 14	106956,26	498474,06	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
15: 15	106955,75	498470,85	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
16: 16	106953,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
17: 17	106951,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
18: 18	106950,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
19: 19	106948,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
20: 20	106947,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
21: 21	106945,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
22: 22	106944,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
23: 23	106942,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
24: 24	106939,75	498470,85	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
25: 25	106939,24	498474,06	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
26: 26	106939,24	498476,02	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
27: 27	106939,24	498477,98	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
28: 28	106939,24	498479,94	1522,00	1225,00	0,00	-4,20

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :	-4,400
Reduction model :	Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles	
For limit state EQU/GEO in [kN] :	42616,00
For Serviceability limit state in [kN] :	34300,00

2.11 Requirements

Limit state GEO	
Maximum allowed settlement in [m] :	0,150
Serviceability Limit State	
Maximum allowed settlement in [m] :	0,150

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1,20
User defined Factor xi4 [-] :	0,96
User defined gamma;b [-] :	1,20
User defined gamma;s [-] :	1,20

2.13 Calculation Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
Create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Use the influence of excavations (standard).

2.14 Model Options

Selected pile types :
-LostTip 510

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;b (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;s (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Pile Type LostTip 510: Warning : The factor Beta (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN 9097-1) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Pile Type LostTip 510: Warning : The factor s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h): NEN 9097-1) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The depth of the CPT's does not meet the requirements as set by NEN 9097-1 par 3.2.3.

The CPT's do not meet the requirements set by NEN 9097-1
par 3.2.3 because :
- not all piles are positioned within the prescribed area of the CPT's.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9097-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Performing the check on NEN 9097-1 par 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

gamma;b (Limit State EQU/GEO, user defined) :	1,20
gamma;s (Limit State EQU/GEO, user defined) :	1,20
xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96

3.3.2 Pile type : LostTip 510

Pile type :	User defined (vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Driven cast-in-place pile, tube back by driving

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN 9097-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Driven cast-in-place pile, tube back by driving

Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (user defined : Pile tip, shape factor) :	1,00
s (user defined : factor for the influence of the	

shape of the crosssection of the pile base) :	1,00

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :	0,510
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
S25A01907...	0,0140	0,0150	1,0000
S25A01908...	0,0140	--	1,0000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN-EN 1997-1 section 2.4.7 / 2.4.8: Ed <= Cd.
Rigid superstructure, verify total load on all piles with total bearing capacity

Fc;d = 42616,000 [kN]
Rc;d = 90809,920 [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.
Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 295 [kN] to 344 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State GEO

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.

Sd = 0,117 [m]
Sreq = 0,150 [m]

The settlement requirements of limit state GEO are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.6 Verification of Serviceability limit state

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.
For houses, the requirement is : Sreq = 0.05 m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

Sd = 0,097 [m]
Sreq = 0,150 [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU, GEO :sigma = 11,43 [N/mm2]
At Serviceability Limit Statesigma = 9,61 [N/mm2]

The maximum settlement was found at :
Limit state GEO
CPT name S25A01907_M
Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg =	0,000 [m]
sb =	0,005 [m]
sel;d =	0,011 [m]
s2 =	0,126 [m]

Serviceability Limit State
CPT name S25A01907_M
Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg =	0,000 [m]
sb =	0,002 [m]
sel;d =	0,009 [m]
s2 =	0,106 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : 0.02 < egls <= 0.10 meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
S25A01907...	1781,897	870,257	2652,154
S25A01908...	1709,199	2125,070	3834,269

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
S25A01907...	2138,276	1044,308	3182,584
S25A01908...	2051,039	2550,084	4601,123

End of Report

Draagkracht (Trek)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:34:15
Date of calculation:	16-8-2012
Time of calculation:	15:33:39
Filename:	D:\..\Definitief\Berekeningen definitief\Mast 1_Draagkracht trek_1op10
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN) 3
2.4 General CPT Data 3
2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.5 Soil Data 4
2.5.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.5.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.6 Pile Types 6
2.6.1 Pile type : Round 456 6
2.7 Foundation Plan 7
2.7.1 View of Foundation Plan 7
2.8 Excavation Data 8
2.9 Optional Parameters 8
2.10 Overruled Parameters 8
2.11 Calculation Options 8
2.12 Model Options 9
3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : Round 456 10
3.4 Results for all CPT's 10
3.4.1 Results for pile type : Round 456 10
3.4.1.1 Pile group 1 10
3.4.1.2 Pile group 2 10
3.4.1.3 Pile group 3 11
3.4.1.4 Pile group 4 11
3.4.1.5 Pile group 5 11
3.4.1.6 Pile group 6 11
3.4.1.7 Pile group 7 11
3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3 12
3.5.1 Results for pile type : Round 456 12
3.5.1.1 Pile group 1 12
3.5.1.2 Pile group 2 12
3.5.1.3 Pile group 3 12
3.5.1.4 Pile group 4 13
3.5.1.5 Pile group 5 13
3.5.1.6 Pile group 6 13
3.5.1.7 Pile group 7 14

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Tension Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Briejn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

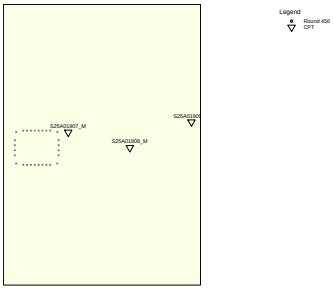
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

The design and verifications performed by the TENSION PILES (NEN-EN) model of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause tensile forces in the piles. Pilegroup effects are taken into account. Calculation of pile forces is based on Cone Penetration Tests. Pile capacities are based on the NEN-EN 1997-1, chapter 7 and where pile/safety factors are concerned, on Dutch Standards NEN-EN 1997-1. Horizontal displacements of piles are not taken into account. Vertical displacements of piles are not calculated. Design of Tension piles based on NEN-EN 1997-1 is limited to piles with lengths between 7 and 50 m and a minimum Length over (equivalent) diameter ratio of 13.5.

2.4 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan



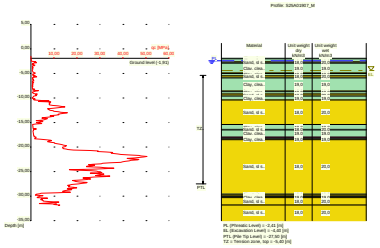
Number/name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

2.5 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.5.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Top of tension zone [m. reference level]:	-5,400
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Number of layers in profile :	25



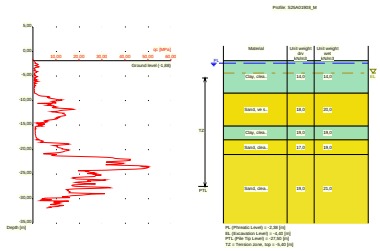
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-2,710	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-2,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
6	-4,910	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
7	-5,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
8	-5,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
9	-5,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
10	-8,610	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
11	-8,710	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
12	-9,210	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
13	-9,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
14	-10,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
15	-15,410	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
16	-16,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
17	-16,510	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
18	-18,010	Peat	10,00	10,00	0,40	0,80		12/15	Standard
19	-18,310	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
20	-18,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
21	-29,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
22	-29,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
23	-30,110	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
24	-30,310	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
25	-31,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-2,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
3	-2,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-2,710	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-2,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
6	-4,910	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
7	-5,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
8	-5,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
9	-5,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
10	-8,610	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
11	-8,710	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
12	-9,210	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
13	-9,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
14	-10,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
15	-15,410	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
16	-16,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
17	-16,510	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
18	-18,010	Peat	15,00	0,00	0,00	1,000	False
19	-18,310	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
20	-18,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
21	-29,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
22	-29,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
23	-30,110	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
24	-30,310	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
25	-31,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True

2.5.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] : -1,880
Phreatic level in [m. reference level] : -2,380
Top of tension zone [m. reference level]: -5,400
Pile tip level in [m. reference level] : -27,500
Number of layers in profile : 5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,880	Clay	14,00	14,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-8,500	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
3	-15,200	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-18,000	Sand	17,00	19,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-21,000	Sand	19,00	21,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,880	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-8,500	Sand	25,00	0,00	0,00	1,000	True
3	-15,200	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-18,000	Sand	30,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-21,000	Sand	35,00	0,00	0,00	1,000	True

2.6 Pile Types

Note : if alpha;t is not user defined, the next rules apply :
- alpha;t according to table 7.g and table 7.h of NEN 9097-1
- for clay: alpha;t depends on the CPT-value and relative depth
- for peat: alpha;t = 0
- for sand/gravel: alpha;t also depends on the median

Number of pile types : 1

2.6.1 Pile type : Round 456

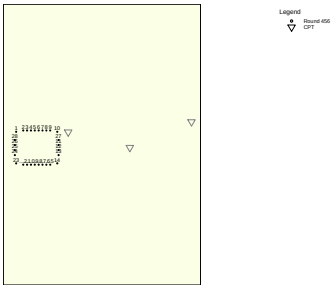
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

Pile dimensions :
Diameter [m] : 0,456

2.7 Foundation Plan

Number of piles : 28
Number of collaborating piles* : 28
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.7.1 View of Foundation Plan



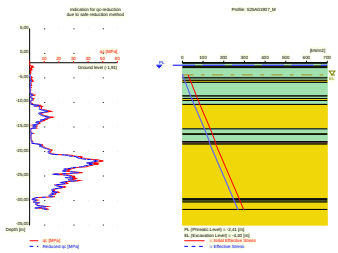
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
4: 4	106945,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
5: 5	106947,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
6: 6	106948,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
7: 7	106950,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
8: 8	106951,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
9: 9	106953,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
10: 10	106955,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
11: 27	106956,26	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
12: 11	106956,26	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
13: 12	106956,26	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
14: 13	106956,26	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
15: 14	106955,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
16: 15	106953,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
17: 16	106951,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
18: 17	106950,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
19: 18	106948,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
20: 19	106947,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
21: 20	106945,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
22: 21	106944,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
23: 22	106942,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
24: 23	106939,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
25: 24	106939,24	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
26: 25	106939,24	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
27: 26	106939,24	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
28: 28	106939,24	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Note regarding the loads: tension forces are positive, compressive forces are negative
Note 2: See OVERRULED PARAMETERS for gamma;var

2.8 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -4,400
Reduction model : Safe (NEN)



2.9 Optional Parameters

Unit weight water [kN/m3] : 9,81
Surcharge [kN/m2] : 0,00

2.10 Overruled Parameters

User defined gamma;var [-] 1,500
User defined Factor xi3 [-] : 1,20
User defined Factor xi4 [-] : 0,96
User defined gamma;st [-] 1,350

2.11 Calculation Options

Suppress compaction
If compaction is used, according to NEN 9097-1 CPT's should be made after installation to verify this assumption
Use the influence of excavations (standard).
Suppress excess pore pressure

2.12 Model Options

Selected pile types :
-Round 456

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;st (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;var (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When calculating the max. mobilized soil weight, the topangle is used according to NEN 9097-1.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96
User defined gamma;var [-]	1,500
User defined gamma;st [-]	1,350
Factor gamma;gamma according to NEN-EN 1997-1 annex A.3 table A2 [-]	
Above excavation level	1,0
Below excavation level	1,1

3.3.2 Pile type : Round 456

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Materialtype for pile :	Concrete
Pile shape :	Round pile
Pile dimensions :	
Diameter [m] :	0,456

3.4 Results for all CPT's

3.4.1 Results for pile type : Round 456

3.4.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1247,58	1052,29	1052,29	Ksi3

3.4.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group

2
9
15
22

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	979,86	848,77	848,77	Ksi3

3.4.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	765,18	686,10	686,10	Ksi3

3.4.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	767,44	687,36	687,36	Ksi3

3.4.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	767,79	687,55	687,55	Ksi3

3.4.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1116,38	953,39	953,39	Ksi3

3.4.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12

25
26

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	957,30	843,16	843,16	Ksi3

3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3

3.5.1 Results for pile type : Round 456

3.5.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1042,64	12362,50	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1061,93	9855,44	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
2
9
15
22

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	848,98	5044,58	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	848,56	4158,66	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	691,27	4540,27	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	680,92	3688,90	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	692,34	5128,17	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	682,37	4205,32	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	692,51	5293,10	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	682,60	4348,05	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	950,30	5707,56	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	956,48	4764,09	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12
25
26

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	847,10	5301,09	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	839,23	4377,84	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

End of Report

Draagkracht (t.b.v. veerstijfheid trek)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:34:56
Date of calculation:	16-8-2012
Time of calculation:	15:34:47
Filename:	D:\..\Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN) 3
2.4 General CPT Data 3
2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.5 Soil Data 4
2.5.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.5.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.6 Pile Types 6
2.6.1 Pile type : Round 456 6
2.7 Foundation Plan 7
2.7.1 View of Foundation Plan 7
2.8 Excavation Data 8
2.9 Optional Parameters 8
2.10 Overruled Parameters 8
2.11 Calculation Options 8
2.12 Model Options 9
3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : Round 456 10
3.4 Results for all CPT's 10
3.4.1 Results for pile type : Round 456 10
3.4.1.1 Pile group 1 10
3.4.1.2 Pile group 2 10
3.4.1.3 Pile group 3 11
3.4.1.4 Pile group 4 11
3.4.1.5 Pile group 5 11
3.4.1.6 Pile group 6 11
3.4.1.7 Pile group 7 11
3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3 12
3.5.1 Results for pile type : Round 456 12
3.5.1.1 Pile group 1 12
3.5.1.2 Pile group 2 12
3.5.1.3 Pile group 3 12
3.5.1.4 Pile group 4 13
3.5.1.5 Pile group 5 13
3.5.1.6 Pile group 6 13
3.5.1.7 Pile group 7 14

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Tension Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Breijn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

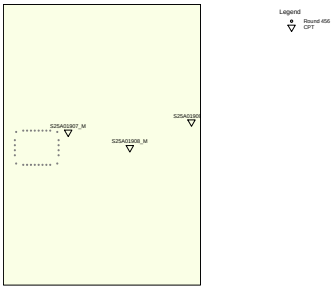
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

The design and verifications performed by the TENSION PILES (NEN-EN) model of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause tensile forces in the piles. Pilegroup effects are taken into account. Calculation of pile forces is based on Cone Penetration Tests. Pile capacities are based on the NEN-EN 1997-1, chapter 7 and where pile/safety factors are concerned, on Dutch Standards NEN-EN 1997-1. Horizontal displacements of piles are not taken into account. Vertical displacements of piles are not calculated. Design of Tension piles based on NEN-EN 1997-1 is limited to piles with lengths between 7 and 50 m and a minimum Length over (equivalent) diameter ratio of 13.5.

2.4 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan



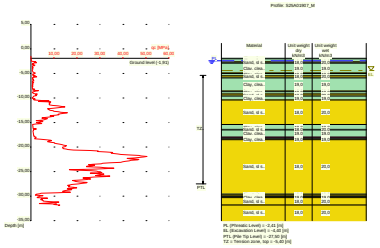
Number/name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

2.5 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.5.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Top of tension zone [m. reference level]:	-5,400
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Number of layers in profile :	25



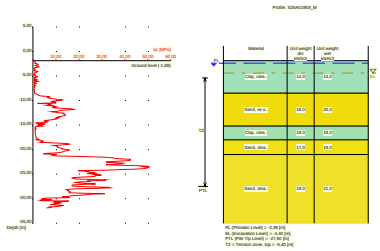
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-2,710	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-2,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
6	-4,910	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
7	-5,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
8	-5,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
9	-5,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
10	-8,610	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
11	-8,710	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
12	-9,210	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
13	-9,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
14	-10,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
15	-15,410	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
16	-16,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
17	-16,510	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
18	-18,010	Peat	10,00	10,00	0,40	0,80		12/15	Standard
19	-18,310	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
20	-18,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
21	-29,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
22	-29,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
23	-30,110	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
24	-30,310	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
25	-31,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-2,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
3	-2,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-2,710	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-2,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
6	-4,910	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
7	-5,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
8	-5,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
9	-5,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
10	-8,610	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
11	-8,710	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
12	-9,210	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
13	-9,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
14	-10,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
15	-15,410	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
16	-16,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
17	-16,510	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
18	-18,010	Peat	15,00	0,00	0,00	1,000	False
19	-18,310	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
20	-18,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
21	-29,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
22	-29,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
23	-30,110	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
24	-30,310	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
25	-31,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True

2.5.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT: S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] : -1,880
Phreatic level in [m. reference level] : -2,380
Top of tension zone [m. reference level]: -5,400
Pile tip level in [m. reference level] : -27,500
Number of layers in profile : 5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,880	Clay	14,00	14,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-8,500	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
3	-15,200	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-18,000	Sand	17,00	19,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-21,000	Sand	19,00	21,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,880	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-8,500	Sand	25,00	0,00	0,00	1,000	True
3	-15,200	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-18,000	Sand	30,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-21,000	Sand	35,00	0,00	0,00	1,000	True

2.6 Pile Types

Note : if alpha;t is not user defined, the next rules apply :
- alpha;t according to table 7.g and table 7.h of NEN 9097-1
- for clay: alpha;t depends on the CPT-value and relative depth
- for peat: alpha;t = 0
- for sand/gravel: alpha;t also depends on the median

Number of pile types : 1

2.6.1 Pile type : Round 456

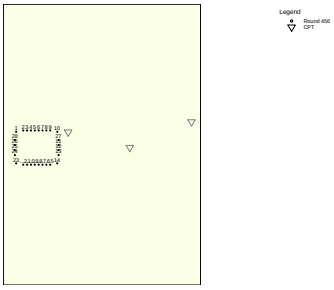
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

Pile dimensions :
Diameter [m] : 0,456

2.7 Foundation Plan

Number of piles : 28
Number of collaborating piles* : 28
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.7.1 View of Foundation Plan



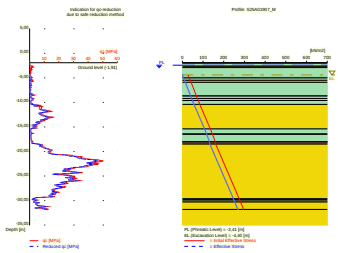
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
4: 4	106945,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
5: 5	106947,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
6: 6	106948,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
7: 7	106950,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
8: 8	106951,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
9: 9	106953,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
10: 10	106955,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
11: 27	106956,26	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
12: 11	106956,26	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
13: 12	106956,26	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
14: 13	106956,26	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
15: 14	106955,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
16: 15	106953,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
17: 16	106951,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
18: 17	106950,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
19: 18	106948,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
20: 19	106947,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
21: 20	106945,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
22: 21	106944,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
23: 22	106942,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
24: 23	106939,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
25: 24	106939,24	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
26: 25	106939,24	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
27: 26	106939,24	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
28: 28	106939,24	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Note regarding the loads: tension forces are positive, compressive forces are negative
Note 2: See OVERRULED PARAMETERS for gamma;var

2.8 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -4,400
Reduction model : Safe (NEN)



2.9 Optional Parameters

Unit weight water [kN/m3] : 9,81
Surcharge [kN/m2] : 0,00

2.10 Overruled Parameters

User defined gamma;var [-] 1,000
User defined Factor xi3 [-] : 1,20
User defined Factor xi4 [-] : 0,96
User defined gamma;st [-] 1,000

2.11 Calculation Options

Suppress compaction
If compaction is used, according to NEN 9097-1 CPT's should be made after installation to verify this assumption
Use the influence of excavations (standard).
Suppress excess pore pressure

2.12 Model Options

Selected pile types :
-Round 456

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;st (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;var (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When calculating the max. mobilized soil weight, the topangle is used according to NEN 9097-1.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96
User defined gamma;var [-]	1,000
User defined gamma;st [-]	1,000
Factor gamma;gamma according to NEN-EN 1997-1 annex A.3 table A2 [-]	
Above excavation level	1,0
Below excavation level	1,1

3.3.2 Pile type : Round 456

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Materialtype for pile :	Concrete
Pile shape :	Round pile
Pile dimensions :	
Diameter [m] :	0,456

3.4 Results for all CPT's

3.4.1 Results for pile type : Round 456

3.4.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	2081,69	1791,05	1791,05	Ksi3

3.4.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group

2
9
15
22

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1470,91	1314,56	1314,56	Ksi3

3.4.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1078,54	980,66	980,66	Ksi3

3.4.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1087,59	985,76	985,76	Ksi3

3.4.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1089,02	986,56	986,56	Ksi3

3.4.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1745,71	1537,70	1537,70	Ksi3

3.4.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12

25
26

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1401,61	1260,76	1260,76	Ksi3

3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3

3.5.1 Results for pile type : Round 456

3.5.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1790,65	12362,50	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1791,45	9855,44	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
2
9
15
22

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1325,57	5044,58	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1303,54	4158,66	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	991,23	4540,27	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	970,10	3688,90	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	995,58	5128,17	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	975,93	4205,32	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	996,26	5293,10	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	976,85	4348,05	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1545,99	5707,56	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1529,42	4764,09	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12
25
26

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1272,48	5301,09	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1249,05	4377,84	45,69	0,00

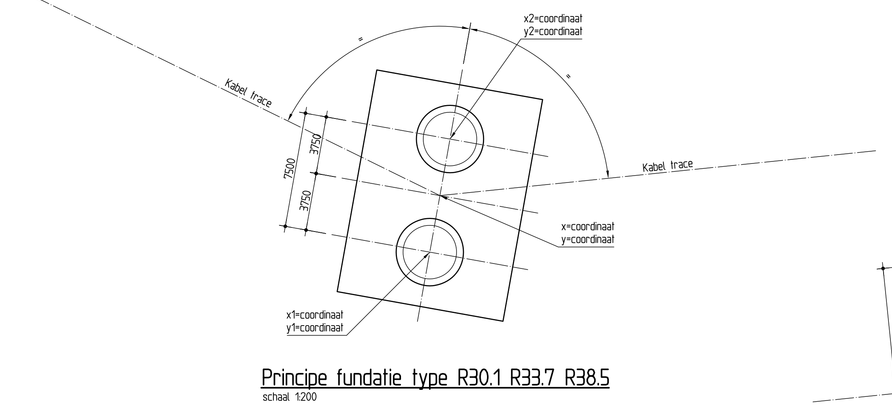
CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

End of Report

Situatie

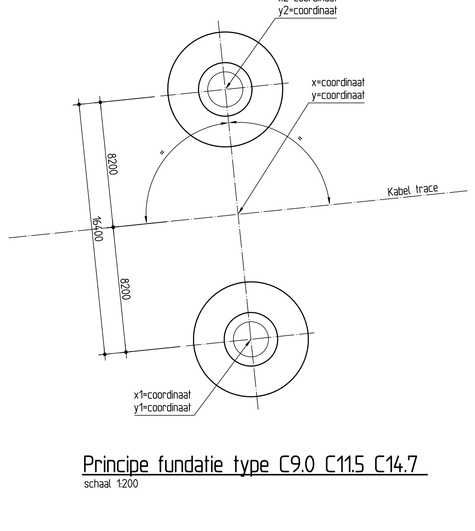
schaal 1:10000

Locatie	Masttype	Type fundatie
1.	W2E350+5	R38.5N
2.	W2H650+5	R33.7N
3.	W2H400	R33.7N
4.	W2S400+5	C14.7N
5.	W2E400	R38.5B
6.	W2E350+5	R38.5B
7.	W2H400+5	R38.5N
8.	W2H400+5	R38.5N
9.	W2S400+5	C14.7N
10.	W2S400+5	C14.7N
11.	W2S400+5	C14.7N
12.	W2S350+17	C14.7N
13.	W2S400+5	C14.7N
14.	W2S400+5	C14.7B
15.	W2S400+5	C14.7B
16.	W2S400+5	C14.7B
17.	W2S350+17	C14.7B
18.	W2S350+17	C14.7B
19.	W2S350+5	C11.5B
20.	W2H350	R30.1B
21.	W2S350+5	C11.5B
22.	W2S350+5	C11.5N
23.	W2S350+5	C11.5N
24.	W2S350+5	C11.5N
25.	W2H650+5	R33.7N
26.	W2H300+10	R30.1N
27.	W2H300+10	R30.1N
28.	W2S300+5	C9.0N
29.	W2S300+5	C9.0N
30.	W2S300+5	C9.0N
31.	W2S300+5	C9.0N
32.	W2H300+5	R30.1N
33.	W2H350	R30.1N
34.	W2H350	R30.1N
35.	W2S300+10	C14.7N
36.	W2S300+10	C14.7N
37.	W2H300+5	R30.1N
38.	W2E350	R30.1B



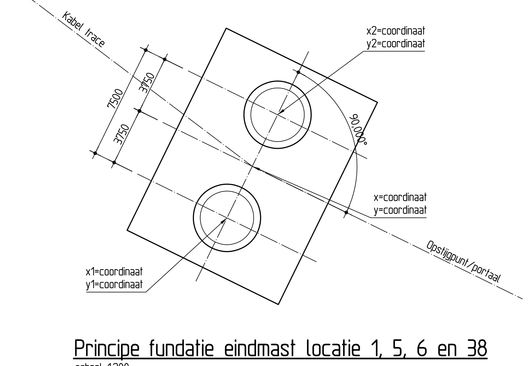
Principe fundatie type R30.1 R33.7 R38.5

schaal 1:200



Principe fundatie type C9.0 C11.5 C14.7

schaal 1:200



Principe fundatie eindmast locatie 1, 5, 6 en 38

schaal 1:200

	X m	Y m	X1 m	Y1 m	X2 m	Y2 m
Portaal Bev	106922,250	498520,656				
1 (vkt 4.0)	106948,080	498498,878	106945,663	498496,011	106950,497	498501,745
2 (vkt 4.0)	106921,991	498196,745	106918,255	498197,068	106925,727	498196,422
3 (vkt 4.0)	106892,100	497850,587	106888,473	497851,538	106895,727	497849,636
4 (vkt 4.0)	106730,408	497494,896	106722,943	497498,289	106737,873	497491,503
5 (vkt 4.0)	106581,808	497168,008	106578,257	497169,214	106585,359	497166,802
OSP 5	106575,537	497149,543				
OSP 6	106291,429	496304,433				
6 (vkt 4.0)	106286,276	496285,574	106282,659	496286,562	106289,893	496284,586
7 (vkt 4.0)	106138,709	495975,241	106135,104	495976,274	106142,314	495974,208
8 (vkt 4.0)	106093,260	495580,102	106089,701	495578,920	106096,819	495581,284
9 (vkt 4.0)	106316,859	495342,932	106310,893	495337,307	106322,825	495348,557
10 (vkt 4.0)	106556,251	495089,010	106550,285	495083,385	106562,217	495094,635
11 (vkt 4.0)	106798,499	494832,060	106792,533	494826,435	106804,465	494837,685
12 (vkt 4.0)	107018,391	494598,823	107012,425	494593,198	107024,357	494604,448
13 (vkt 4.0)	107261,376	494341,090	107255,410	494335,465	107267,342	494346,715
14 (vkt 4.0)	107501,230	494086,679	107495,264	494081,054	107507,196	494092,304
15 (vkt 4.0)	107741,034	493832,321	107735,068	493826,696	107747,000	493837,946
16 (vkt 4.0)	107973,535	493585,709	107967,569	493580,084	107979,501	493591,334
17 (vkt 4.0)	108217,055	493327,409	108211,058	493321,816	108223,052	493333,002
18 (vkt 4.0)	108346,063	493187,593	108340,036	493182,032	108352,090	493193,154
19 (vkt 4.0)	108585,489	492928,110	108579,462	492922,549	108591,516	492933,671
20 (vkt 4.0)	108786,533	492710,223	108782,960	492709,083	108790,106	492711,363
21 (vkt 4.0)	108750,780	492431,272	108742,647	492432,314	108758,913	492430,230
22 (vkt 4.0)	108708,386	492100,513	108700,253	492101,555	108716,519	492099,471
23 (vkt 4.0)	108665,091	491762,713	108656,958	491763,755	108673,224	491761,671
24 (vkt 4.0)	108620,763	491416,863	108612,630	491417,905	108628,896	491415,821
25 (vkt 4.0)	108583,665	491127,414	108579,928	491127,724	108587,402	491127,104
26 (vkt 4.0)	108571,926	490820,750	108568,214	490821,280	108575,638	490820,220
27 (vkt 4.0)	108512,889	490585,191	108509,207	490585,904	108516,571	490584,478
28 (vkt 4.0)	108471,601	490285,737	108463,478	490286,857	108478,724	490284,617
29 (vkt 4.0)	108430,706	489989,128	108422,583	489990,248	108438,829	489988,008
30 (vkt 4.0)	108389,981	489693,757	108381,858	489694,877	108398,104	489692,637
31 (vkt 4.0)	108348,948	489396,156	108340,825	489397,276	108357,071	489395,036
32 (vkt 4.0)	108312,099	489128,894	108308,448	489129,750	108315,750	489128,038
33 (vkt 4.0)	108233,000	488893,000	108229,348	488893,851	108236,652	488892,149
34 (vkt 4.0)	108204,330	488680,941	108200,623	488681,507	108208,037	488680,375
35 (vkt 4.0)	108157,460	488405,398	108149,376	488406,773	108165,544	488404,023
36 (vkt 4.0)	108124,461	488211,403	108116,333	488212,484	108132,589	488210,322
37 (vkt 4.0)	108095,670	487912,500	108092,185	487913,884	108099,155	487911,116
38 (vkt 4.0)	107955,920	487732,354	107952,991	487734,695	107958,849	487730,013
Portaal Vhz	107849,136	487598,732				

Opmerkingen

Coordinaten in mm van de rijsdriehoeksmeting

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-V-002 Funderingsposer type R30.1
T-V0-KW-V-003 Funderingsposer type R33.7
T-V0-KW-V-004 Funderingsposer type R38.5
T-V0-KW-V-005 Funderingsposer tpye C9.0
T-V0-KW-V-006 Funderingsposer type C11.5
T-V0-KW-V-007 Funderingsposer type C14.7

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.1	30-08-2012	Coordinaten in tabel toegevoegd	MKo	LeMo	LeMo
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	15-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 60
3861 RJ Nijkerk 2960 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

tennet
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek I www.breijn.nl
Graafseloen 67 Postbus 37 T +31 (0)73 543 64 00
5245 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 02

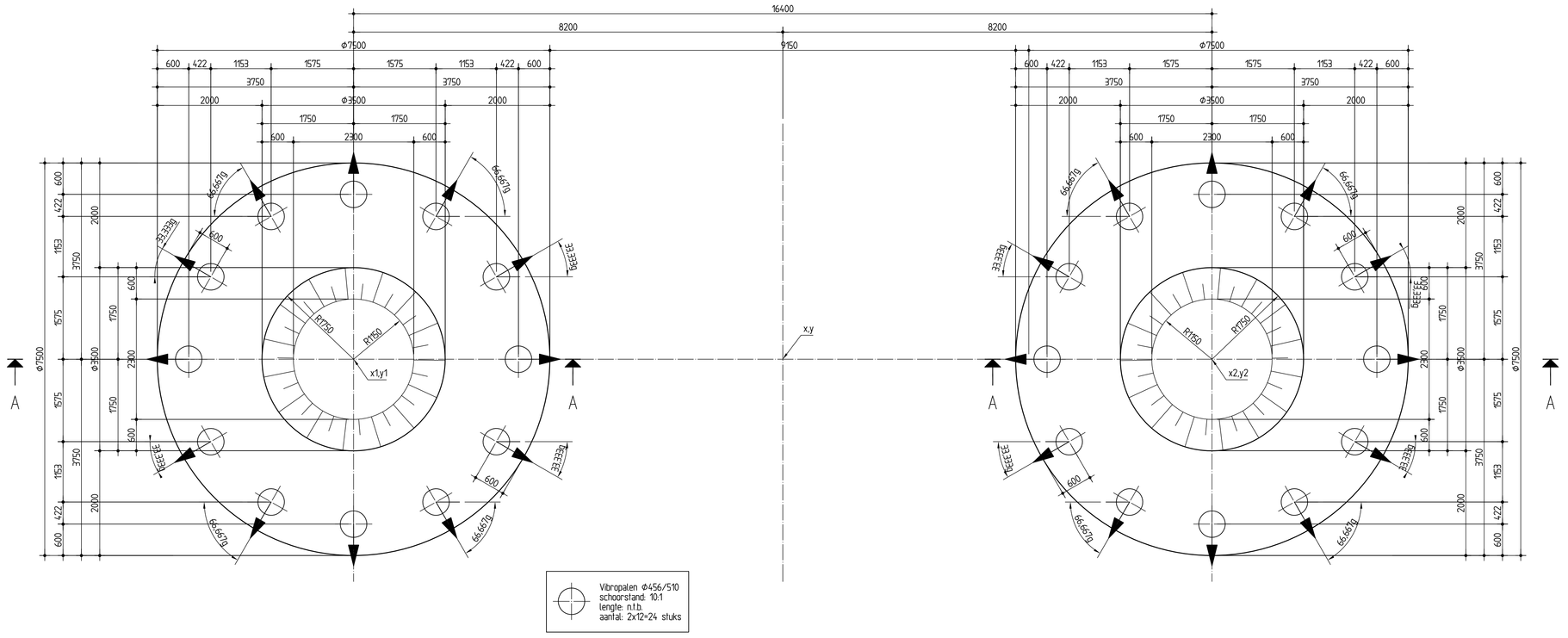
Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Tekeningnummer: T-V0-KW-0-001
Revisie: 1.1

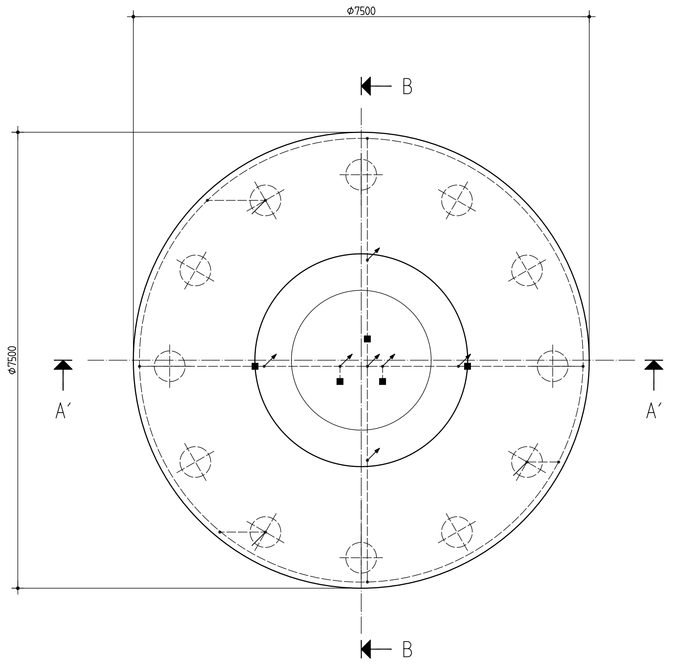
Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Situatie tekening

Gemeente Haarlem

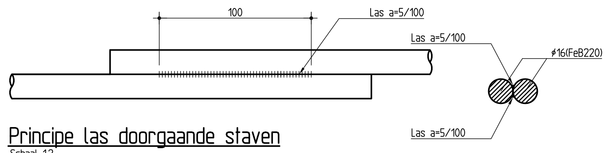
Bestandsnaam: C:\Users\mko\Desktop\Tennet\T-V0-KW-0-001-1.1.dwg



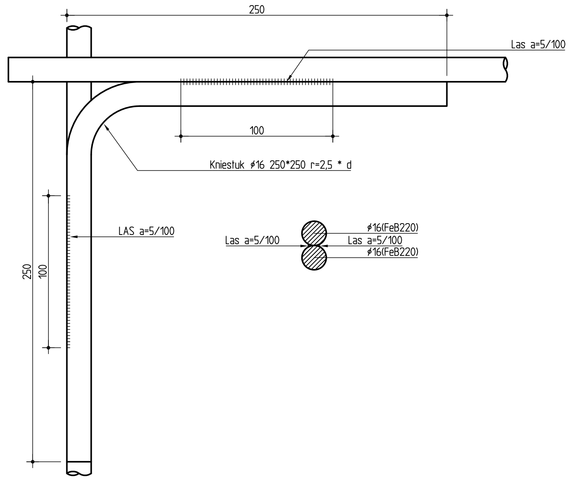
Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7
schaal 1:50



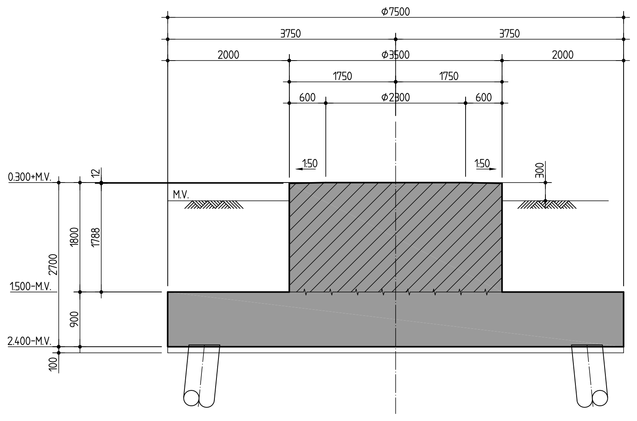
Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7 aarding
schaal 1:50



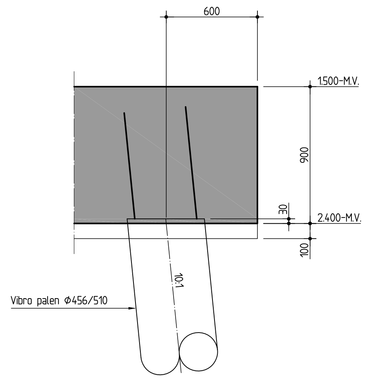
Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2



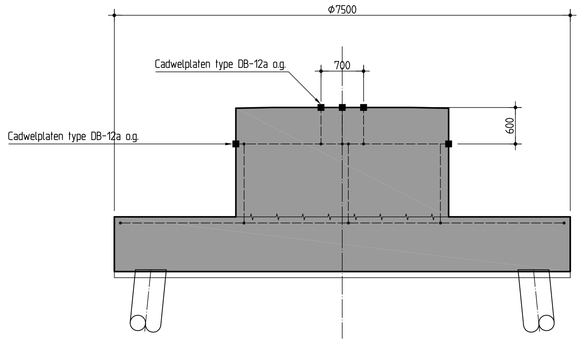
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



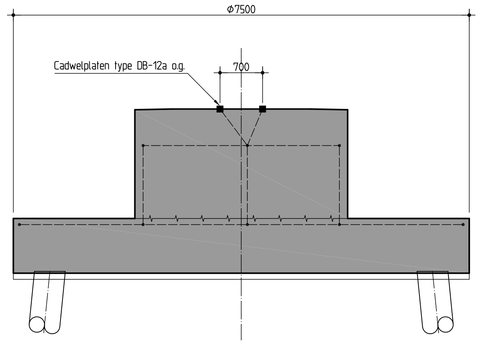
Doorsnede A-A
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede A-A
schaal 1:50



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van veilingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V. Noord-Nederland
Nevertedstraat 38 3861 RJ Nijkerk
Postbus 1078 2860 BB Nijkerk
T +31 (0)33 245 55 60 F +31 (0)33 245 55 88

breijn
Constructie & Geotechniek Graafsebaan 67 5248 JT Rosmalen
Postbus 37 5240 AA Rosmalen
I www.breijn.nl T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

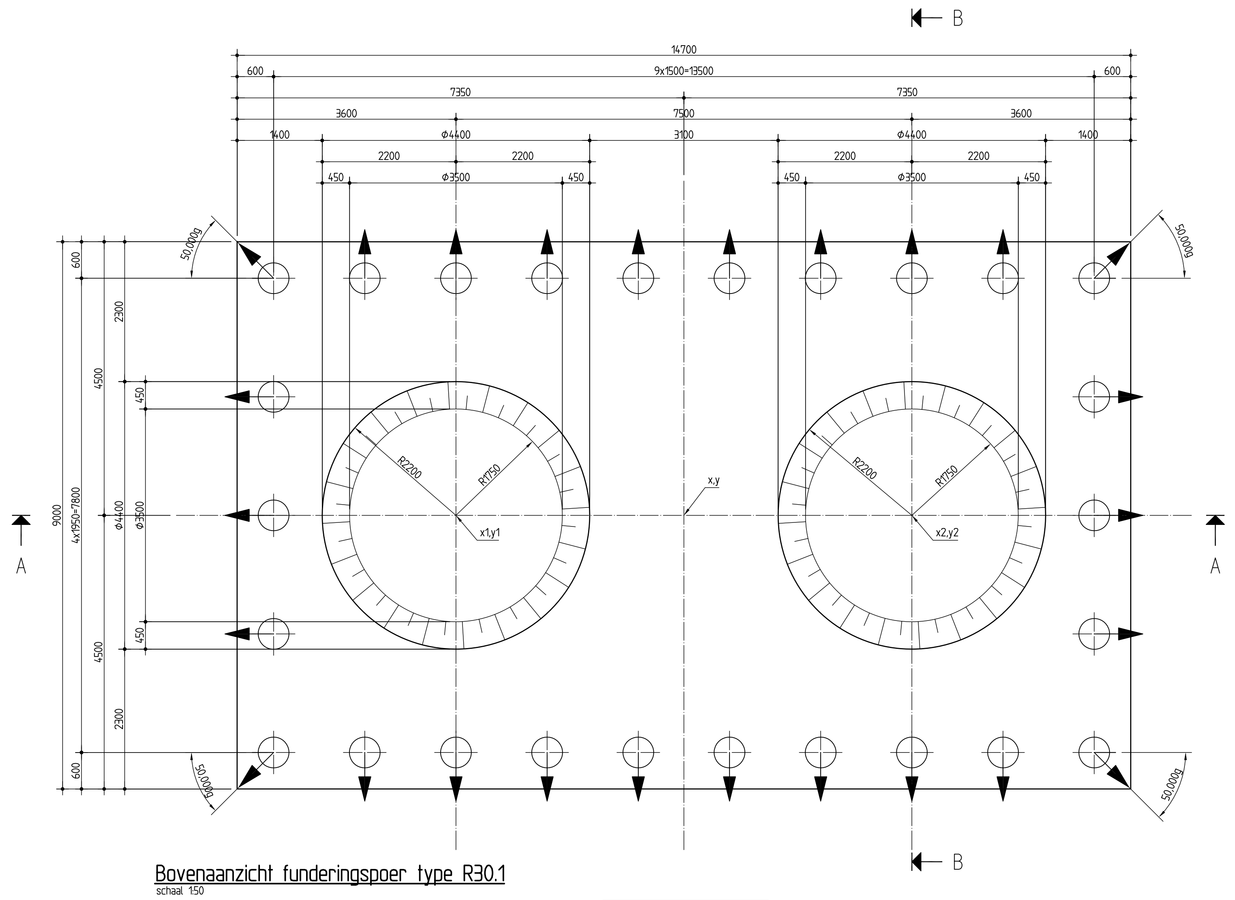
TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem
Postbus 718 6800 AS Arnhem
T +31 (0)26 373 11 11 F +31 (0)26 373 11 12

Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type C14.7

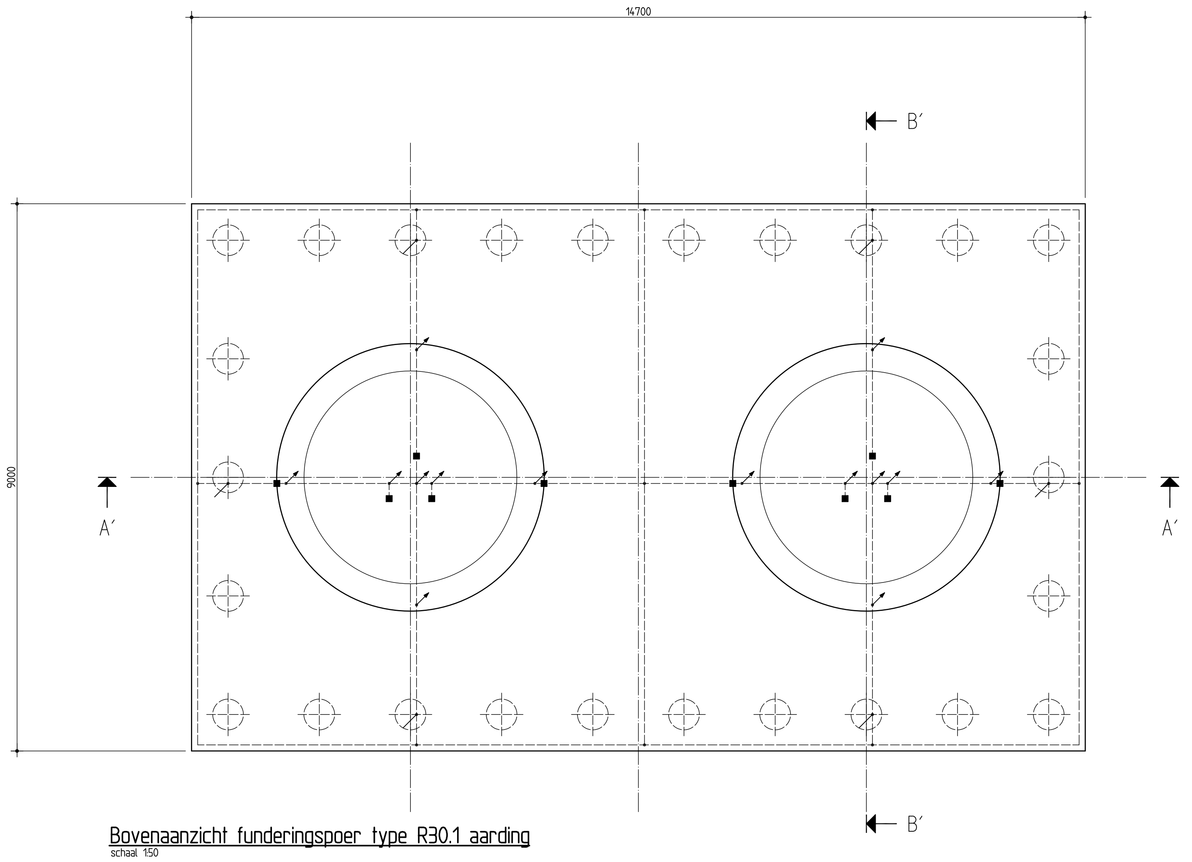
Tekeningnummer: T-V0-KW-V-007
Revisie: 1.0

Bestandsnaam: C:\Users\mkoo\Desktop\Tennet\T-V0-KW-V-007-1.0.dwg

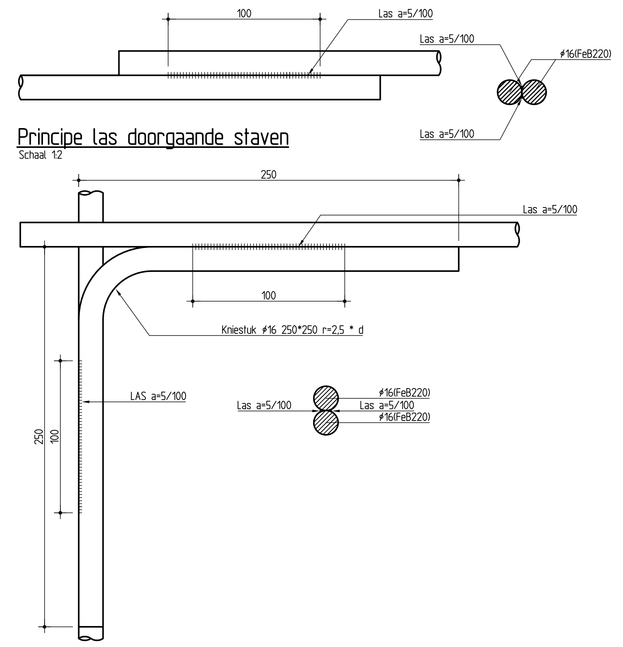


Bovenaanzicht funderingspoer type R30.1
schaal 150

Vibropalen Φ456/510
schoorstand 10:1
lengte: n.t.b.
aantal: 26 stuks

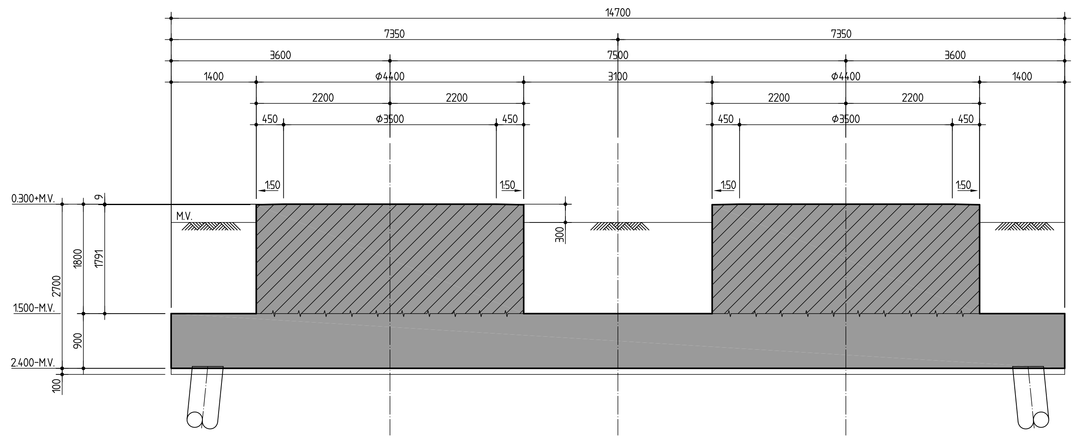


Bovenaanzicht funderingspoer type R30.1 aarding
schaal 150

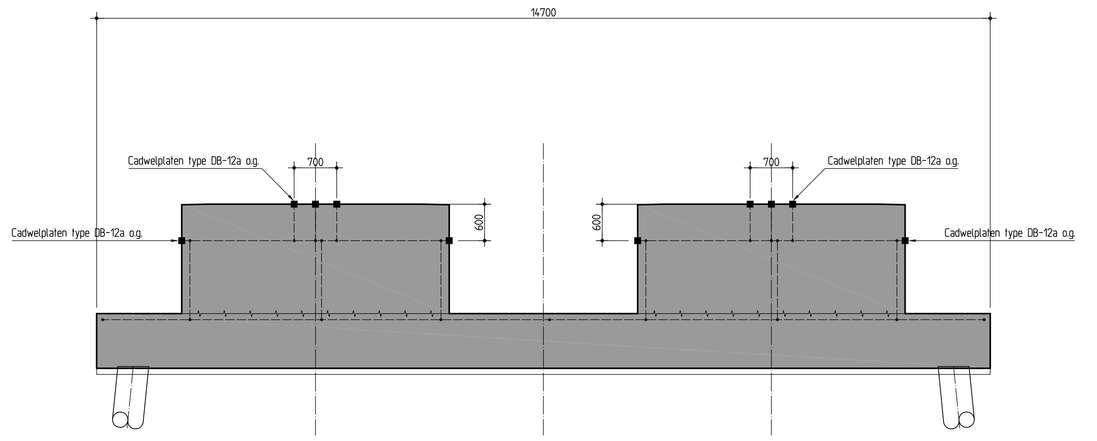


Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2

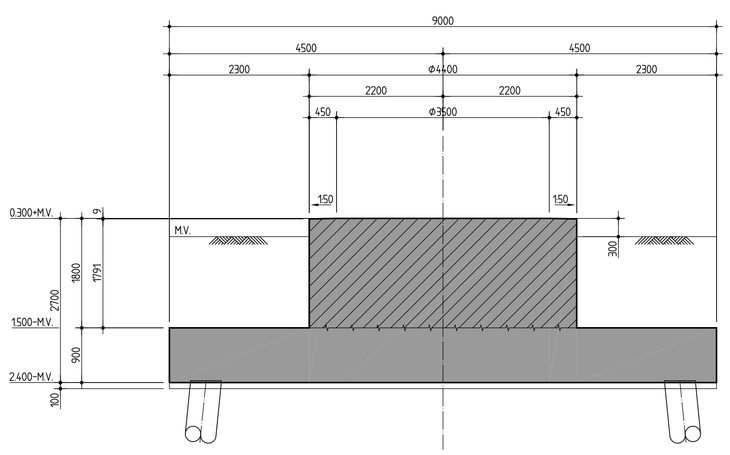
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



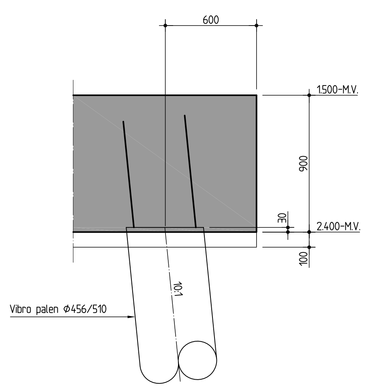
Doorsnede A-A
schaal 150



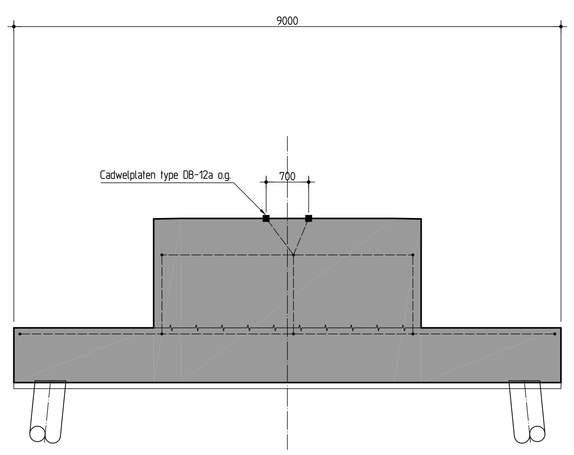
Doorsnede A´-A´
schaal 150



Doorsnede B-B
schaal 150



Detail Paalkop
schaal 120



Doorsnede B´-B´
schaal 150

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (Fe8220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-VO-KW-O-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MiKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MiKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V. Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 3861 RJ Nijkerk Postbus 1078 2860 BB Nijkerk T +31 (0)33 245 55 60 F +31 (0)33 245 55 88

breijn
Constructie & Geotechniek Graafseblaan 67 5248 JT Rosmalen Postbus 37 5240 AA Rosmalen I www.breijn.nl T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

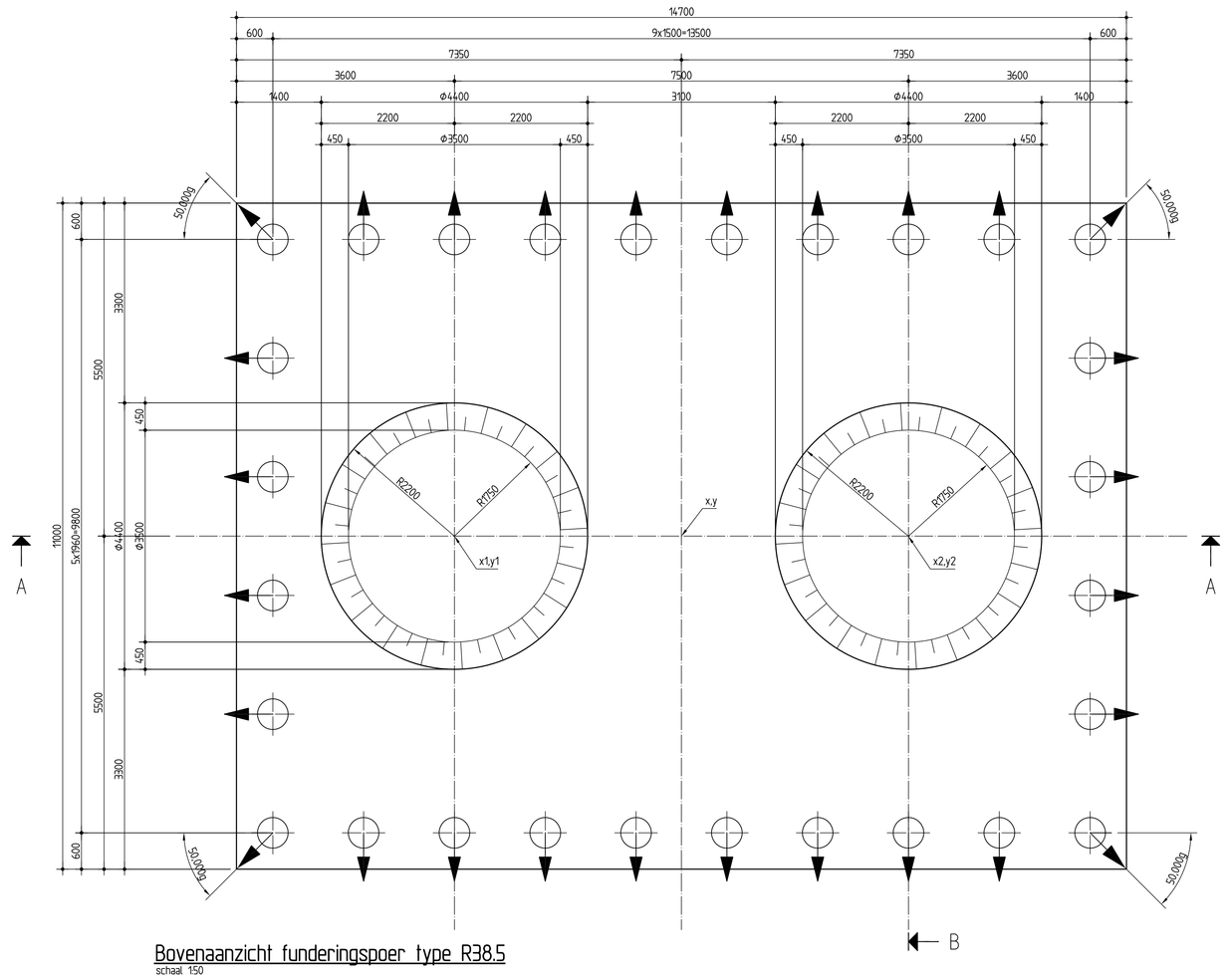
TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem Postbus 718 6800 AS Arnhem T +31 (0)26 373 11 11 F +31 (0)26 373 11 12

Besteknummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R30.1

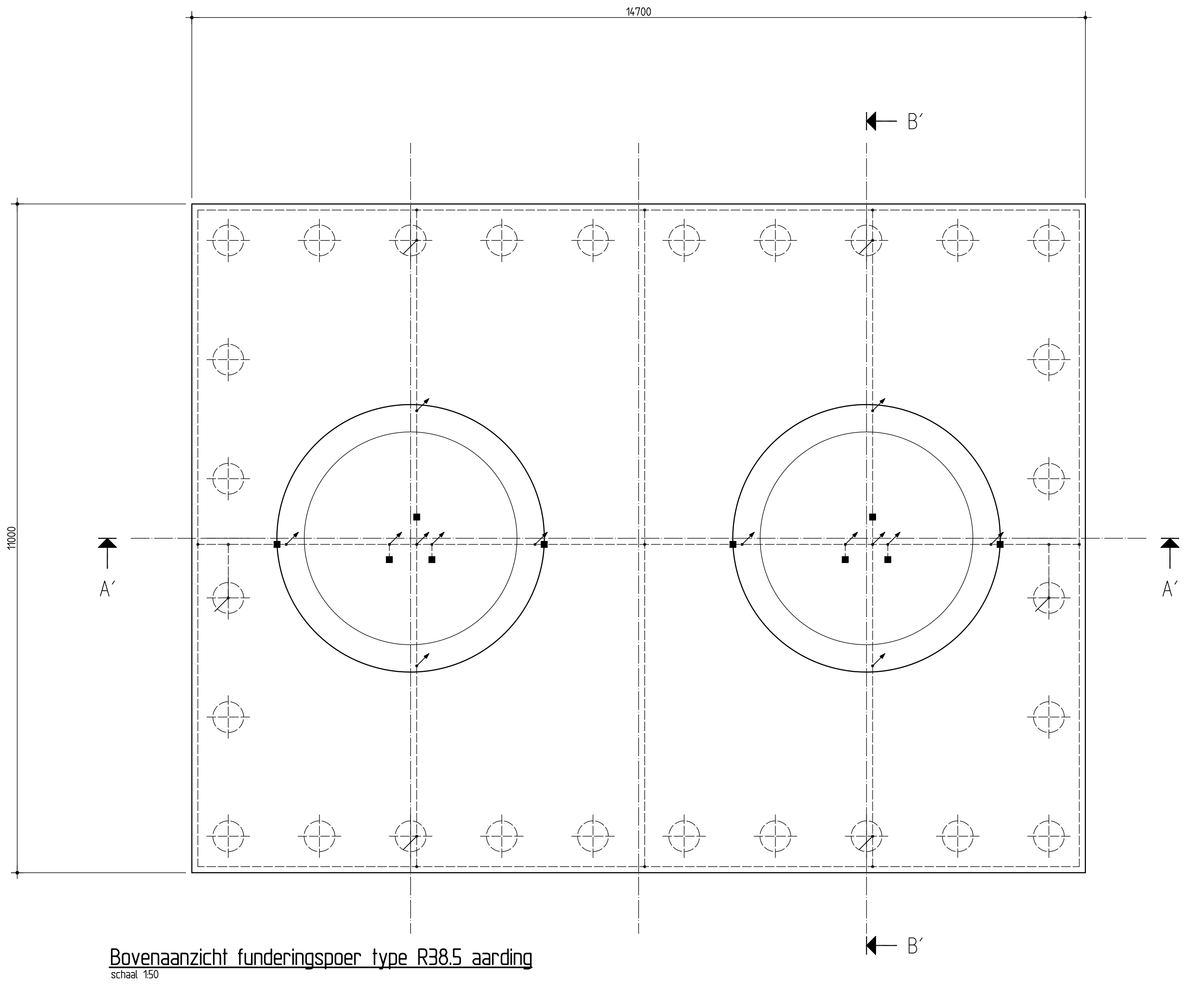
Tekeningnummer: T-VO-KW-V-002
Revisie: 1.0

Bestandsnaam:C:\Users\mike\Desktop\Tennet\T-VO-KW-V-002-0.dwg

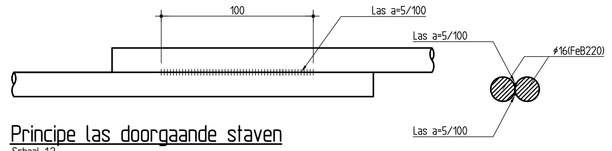


Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5
schaal 1:50

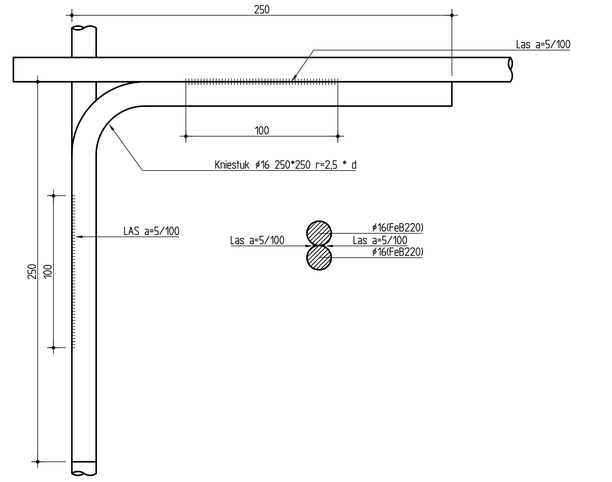
Vibropalen Φ456/510
schoorstand 10:1
lengte n.t.b.
aantal: 28 stuks



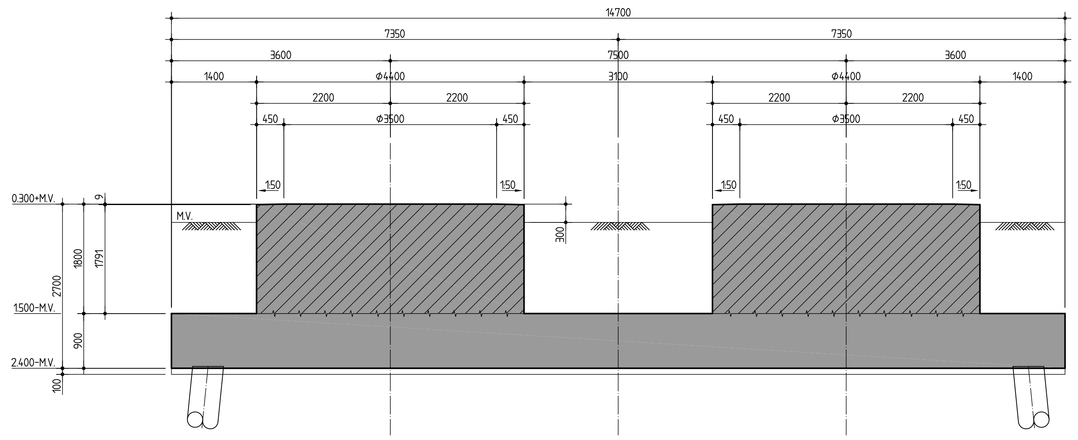
Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5 aarding
schaal 1:50



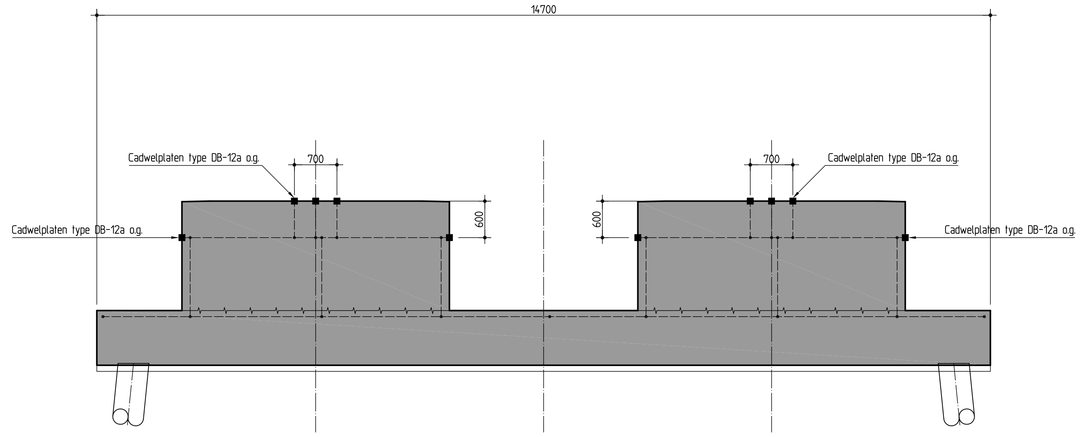
Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2



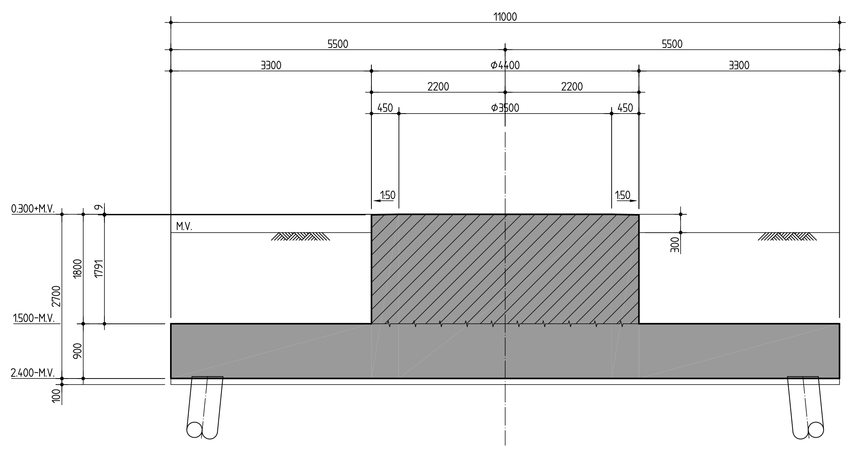
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



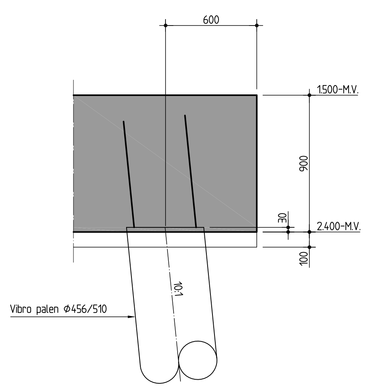
Doorsnede A-A
schaal 1:50



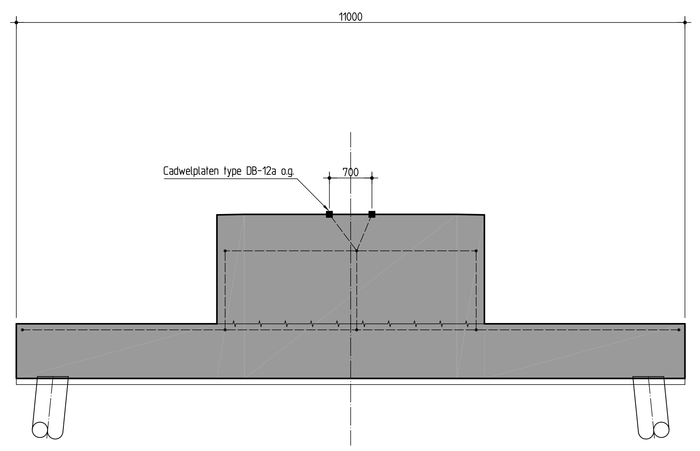
Doorsnede A'-A'
schaal 1:50



Doorsnede B-B
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (Fe8220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-VO-KW-O-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V. Noord-Nederland
Nevenhedestraat 38 3861 RJ Nijkerk
Postbus 1078 2860 BB Nijkerk
T +31 (0)33 245 55 60 F +31 (0)33 245 55 88

TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem
Postbus 718 6800 AS Arnhem
T +31 (0)26 373 11 11 F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek
Graafsebaan 67 5248 JT Rosmalen
Postbus 77 5240 AA Rosmalen
I www.breijn.nl
T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

Besteknummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R38.5

Tekeningnummer: T-VO-KW-V-004
Revisie: 1.0

Bestandsnaam: C:\Users\mike\Desktop\Tennet\T-VO-KW-V-004-01.dwg

TenneT
Taking power further

Bijlage 3.3

GH-OMGV lijn

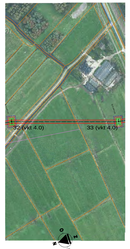
Lengteprofielen

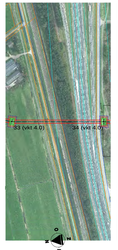
Conversietabel

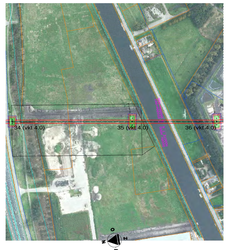
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

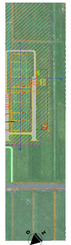
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 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)

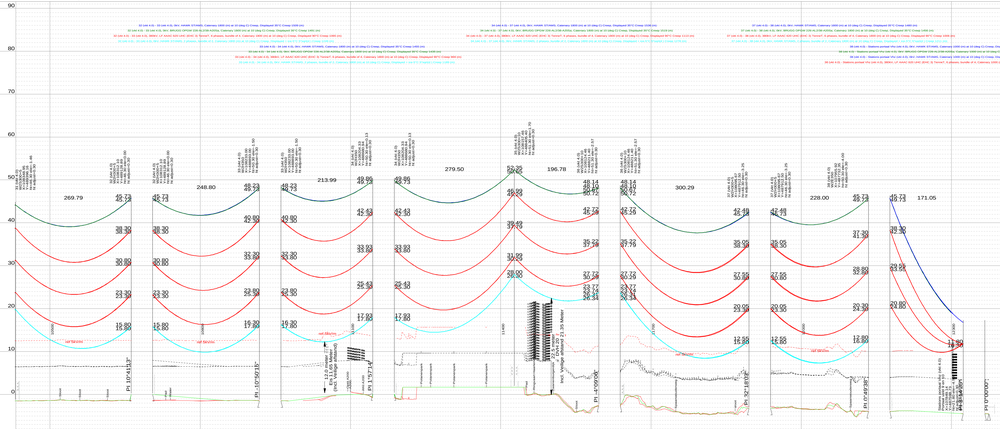
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)











Legenda

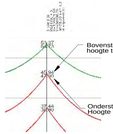
Nr	Naam	Tekstuur / beschrijving	Zichtbaar	Max. hoek t.o.v. Noord (graden)	Max. hoek t.o.v. Noord (graden)	Min. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Max. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Min. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Max. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Min. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Max. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Min. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Max. hoek t.o.v. Zenit (graden)	Schaduw	Reflectie	Reflectie percentage	Reflectie type (Phong/Lambert)
	Standaard			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
1	Ophaalsysteem prefabputdeksel			7.86	2.86	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00	1.5	0.0	1.5	
2	Industrieel gebied			6.34	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
3	Haventerrein			2.36	1.86	0.00	0.00	1.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00	1.5		2.5	0.5
4	Daken (kleding + rijen)			6.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
5	Daken (kleding + rijen)			6.21	1.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
6	Weiland			6.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
7	Lucht- en ruimtevaarthangaar			7.86	2.86	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00	1.5	0.0	2.5	0.5
8	Bedrijfsgebied met opslagplaats			10.36	1.86	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
9	Bijzonderheid, zonder tracker			6.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
10	Bijzonderheid met tracker			11.86	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
11	Bladenwagen 4500 tot meter			10.36	1.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
12	Bladenwagen 4500-30 meter			11.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	43.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
13	Bladenwagen 4500-30 meter			10.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	47.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
14	Bladenwagen 4500-30 meter			11.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	43.00	0.00	43.00	0.00			2.5	0.5
15	Water			6.86	0.36	7.19	0.00	7.19	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00			0.5	0.5
16	Verkeersspiegels, vliegverkeersbaken, borden e.d.			6.36	0.36	0.00	0.00	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00			2.5	0.5

- = Compensatie gelinder
- = Bliksemdraad
- = 150kV
- = 220kV
- = 380kV
- = 1-6 draden o.m. bij 50m/m
- = Minimale vrije ruimte voor 450kV (vrijbeltbouwstijl)
- = Verschijnen waar extra vrije ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kV
Hoogspanningslijn 380kV Beverwijk - Vijfhuizen
Berekening conductorbelasting to EN50341-1 and EN50341-1-15 (NNA)
Wind zone: Zone 1
Vr =22.5 m/s
Ci = 0.625 N/m
Cd bij bevroren geleider =1.2
toe regoin = (E 1.8*SQRT(D) voor de fasen
toe regoin = A, 5*SQRT(D) voor de bliksemdraad
0

LEGENDA Onderleggers

Waterleidingen
Kabels en leidingen
Peilgebiedgrenzen



Hoogte aanduiding in lengteprofiel

Nr	Omschrijving	Door	Datum	Goedk.
4.2	Uitschrijving maat tbl tekste tbl 7 a.d.	HAN BAST	09-01	GVB
4.1	Bijlagen	BAST BRUI	WT	BVB
4.0	Hoek kant en maat bovlaas geldingsgl tussen maat 30 en 36	BAST BRUI	WT	BVB
Wijzigingen	Initiële uitschrijving	BAST BRUI	WT	BVB

Opdrachtgever	Opdrachtnemer	Tekeningnummer	Revisie
TenneT TSO B.V.	KEMA Nederland B.V.	380/150kV Lijn Beverwijk - Vijfhuizen	4.2
		Track en bergen profiel maat 32 (x64.4.0) tot Vijfhuizen.prf met 150 m/s	

Schaal	Formaat	Tekeningnummer
1:2000	A1+	380/150kV MAST 4.2

Pagina 1 van 1

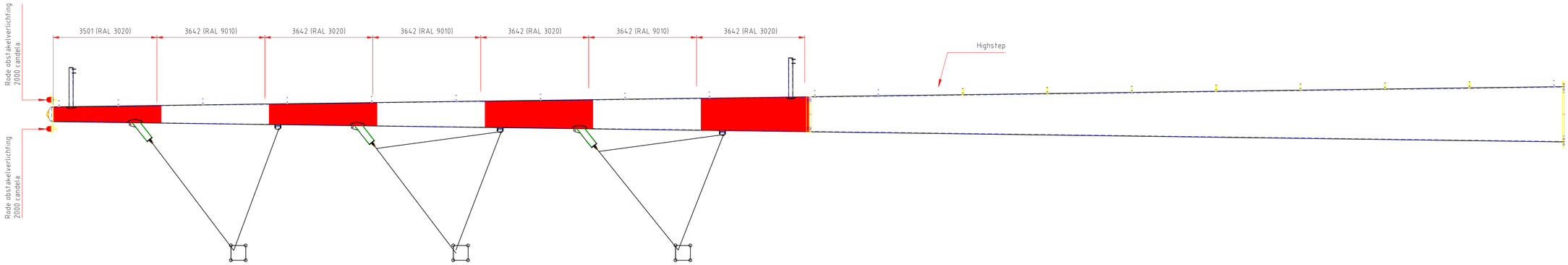
Printed at: 10-8-2012 - 13:10:02

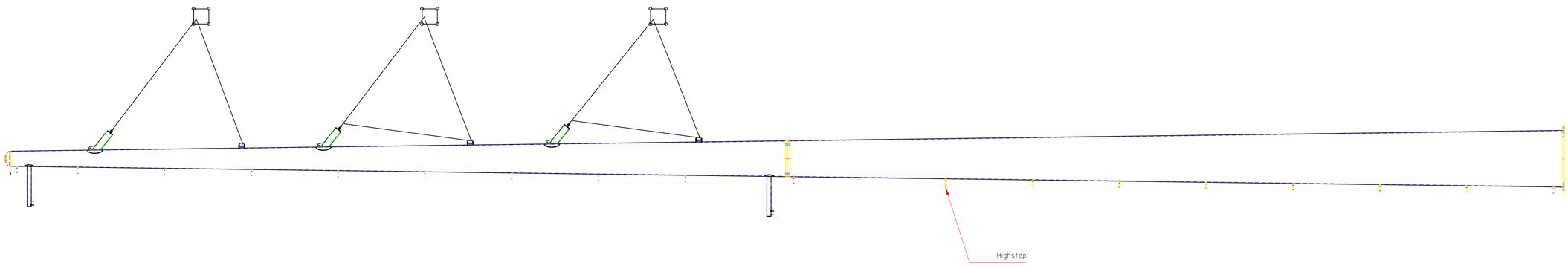
TenneT
Taking power further

Bijlage 3.4

GH-OMGV lijn

Schets obstakelverlichting en markeringen





Benaming: Mast type W2S300+10 versie2

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	19-12-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

Telecom | Projectie | Tek.nr.: MS20120025/23 | 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

Inspectie Leefomgeving en Transport
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

> Retouradres Postbus 575 2130 AN Hoofddorp

Tennet TSO B.V.
Randstad 380
T.a.v. de heer I. Hermans
Postbus 718
6800 AS ARNHEM

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart
Saturnusstraat 50
Hoofddorp
Postbus 575
2130 AN Hoofddorp
www.ilent.nl

Contactpersoon
K. Monster
Senior inspecteur

T 070 456 3144
F 070 456 30 01
klaas.monster@ILenT.nl

Ons kenmerk
ILT-2012/36819

Uw kenmerk
000.007.40 0053383

Datum 13 DEC. 2012
Betreft Randstad 380kV Noordring - alternatieven markeringen hoogspanningsmasten

Geachte heer Hermans,

In uw brief van 12 november 2012 met kenmerk 000.007.40 0053383 verzoekt u goedkeuring te verlenen voor de voorgelegde alternatieven van markeringen van hoogspanningsmasten van de Randstad 380kV Noordring. In reactie op uw verzoek heeft de Inspectie Leefomgeving en Transport (de Inspectie) bericht niet te kunnen instemmen met het alternatief waarbij wit flitsende lichten gedurende de nacht worden gebruikt.

Het betreft alternatief 2: Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag, 2000 candela 's nachts) in de top van de mast.

Uw collega de heer C. Masselink heeft het verzoek gedaan om het standpunt van de Inspectie te onderbouwen.

De voorschriften over obstakellichten en -markeringen zijn gebaseerd op de voorschriften zoals opgesteld door de International Civil Aviation Organisation (ICAO). Het betreft de voorschriften uit hoofdstuk 6 van bijlage 14 (Aerodromes) bij het Verdrag van Chicago.
Het toepassen van wit flitsende lichten gedurende de nacht behoort tot de mogelijkheden genoemd door ICAO (alternatief 2).
De ICAO voorschriften geven ook aan dat het gebruik van wit flitsende lichten gedurende de nacht kan leiden tot verblinding van de pilot (dazzle pilots) en negatieve gevolgen kan hebben voor de omgeving (omwonenden, natuur). Dit is ter beoordeling van de (luchtvaart)autoriteit.
In de bijlage is het betreffende artikel (Annex 14 art. 6.3.10) weergegeven.

Voor de masten die van obstakellichten worden voorzien geldt dat deze op relatief korte afstand van startend en landend vliegverkeer op de Polderbaan zijn gesitueerd. Waarbij de masten 30 t/m 39 zo goed als parallel lopen aan de eindnadering op de Polderbaan. Verder betreft het niet een geïsoleerd obstakel maar 10 masten op rij die op grond van de voorschriften gelijktijdig moeten flitsen.

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart

De inschatting is dat het toepassen van wit flitsende lichten gedurende de nacht tot gevolg heeft dat piloten bij normale operaties worden afgeleid en in het ergste geval leiden tot verblinding.
De Inspectie is tot de slotsom gekomen dat deze variant van markeren zijn doel voorbij schiet en niet bijdraagt aan een veilige luchtvaart. De Inspectie beschouwt alternatief 2 niet geschikt voor het markeren van de masten.

Deze variant is meer bedoelt voor het markeren van geïsoleerde hoge objecten (hoger dan 100m) die op relatief grote afstand van een luchthaven en aan- en uitvliegroutes zijn gesitueerd.

Uw verzoek is voor de Inspectie aanleiding geweest om de vier alternatieven van markeren van de masten voor commentaar aan twee operators en de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) aan te bieden. De vier alternatieven zijn voorgelegd met de vraag of deze voor de luchtvaart acceptabel zijn. De Inspectie heeft bij de vraagstelling geen voorkeur voor een van de vier alternatieven uitgesproken.
De ontvangen reacties zijn divers. Uit de reacties blijkt wel dat wit flitsende lichten, zowel overdag als 's-nachts, niet gewenst zijn. Aangeven wordt dat wit flitsende lichten de aandacht afleiden en zelfs geïnterpreteerd kunnen worden als naderingslichten in het geval van de masten 30 t/m 39.
Door de LVNL en één operator is de voorkeur uitgesproken voor alternatief 1.

Op grond van aanwezig kennis en ervaringen bij de Inspectie op het gebied van het markeren van obstakels en de ontvangen reacties op de vier voorliggende alternatieven spreekt de Inspectie de voorkeur uit voor alternatief 1.
De Inspectie vindt dit de meest passende oplossing voor het markeren van de masten en het meest in balans voor het attenderen van de piloot op deze obstakels zonder afbreuk te doen aan de luchtvaartveiligheid.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

DE STAATSSECRETARIS VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU,
namens deze,
DE INSPECTEUR ILT/LUCHTVAART,

K. Monster

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart

ICAO ANNEX 14 AERODROMES, VOLUME I

6.3.10 **Recommendation.**— *Where, in the opinion of the appropriate authority, the use of high-intensity obstacle lights, Type A or B, or medium-intensity obstacle lights, Type A, at night may dazzle pilots in the vicinity of an aerodrome (within approximately 10 000 m radius) or cause significant environmental concerns, a dual obstacle lighting system should be provided. This system should be composed of high-intensity obstacle lights, Type A or B, or medium-intensity obstacle lights,* Type A, as appropriate, for daytime and twilight use and medium-intensity obstacle lights, Type B or C, for night-time use.

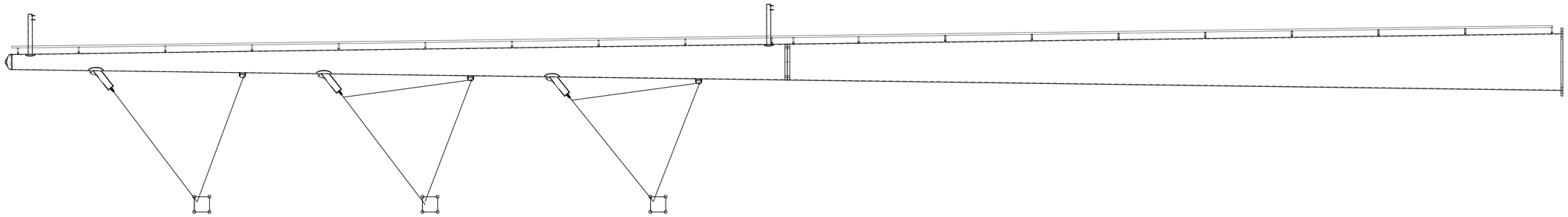
Voor het aanbrengen van obstakellichten en –markeringen op de Randstad 380kV Noordring zijn de volgende alternatieven beschreven:

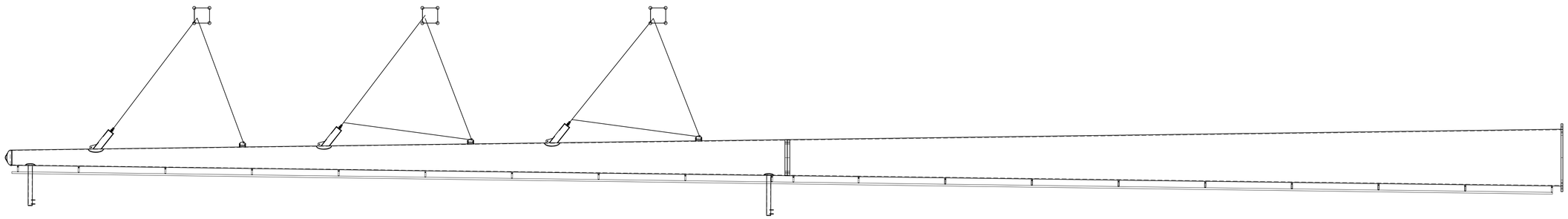
1. Basisalternatief: masten met vanaf de voet van de mast markering d.m.v. rode banden en met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met rode lichten (50 candela) in de top en halverwege de mast; vast brandend gedurende de macht.
2. Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag, 2000 candela 's nachts) in de top van de mast.
3. Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag) en met rode vaste lichten gedurende de nacht (2000 candela) beide in de top van de mast.
4. Masten zonder markering door rode banden, met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag) in de top van de mast, en met rode vaste lichten gedurende de nacht (50 candela) zowel in de top van de mast als halverwege de mast.

Bijlage **3.5**

GHS-OMGV lijn

Schets wintrackmast met klimrail





Benaming: Mast type W2S300+10 met highstep					
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	17-10-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/20 | 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