TenneT
Toking power further

Postbus 716. 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Beverwijk
T.a.v. dhr. R. Potma
Stationsplein 48
1948 LC BEVERWIJK

DATUM	17 september 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.400024386 GB-OMGV lijn
BEHANDELD DOOR	**Sara Zehenpfenning**
TELEFOON DIRECT	026 3731555
E-MAIL	**Sara.Zehenpfenning@tennet.eu**
AANTAL BULAGEN	8

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

Geachte heer Potma,

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 uitte voeren:

Bouwen van 5 masten (mast 1 *Vm* mast 5) en een opstijgpunt;
Kappen van 50 bomen.

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.G. Bernardina
   Postbus 93144
   2509 AG Den Haag
   o.v.v. (Randstad 380 kV)

TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.

2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerp besluit gereed te hebben.

3. Het ontwerpbesluit en later ook het besluit, stuurt u niet aan TenneT maar aan de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

De volgende documenten maken onderdeel uit van deze aanvraag:

0 Aanvraagformulier omgevingsvergunning

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

2 Bouwen
Bijlage 2.1 Constructietekeningen en berekeningen masten
Bijlage 2.2 Constructietekeningen en berekening fundaties
Bijlage 2.3 Constructietekeningen en berekeningen opstijgpunt
Bijlage 2.4 Lengteprofielen

3 Kappen
Bijlage 3.1 Tekening te kappen bomen

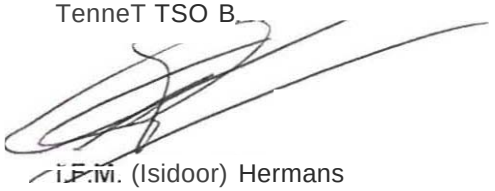
Een volledig overzicht van de vergunningsgegevens vindt u ook op het bijgevoegde vrijgaveblad.

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

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.



i.F.m. (Isidoor) Hermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Beverwijk
T,a.v, dhr. R. Potma
Stationsplein 48
1948 LC BEVERWIJK

DATUM	15 januari 2013
UW REFERENTIE	20120305
ONZE REFERENTIE	000.007.400078231
BEHANDELD DOOR	**Sara Zehenpfenning**
TELEFOON DIRECT	0263731555
E-MAIL	**Sara.Zehenpfenning@tenneteu**
AANTAL BIJLAGEN	1

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

Geachte heer Potma,

Hierbij ontvangt u zoals besproken een aanvullende tekening behorende bij de aanvraag omgevingsvergunning, bij u geregistreerd onder nummer 20120305, voor het bouwen van 5 masten (mast 1 t/m 5) en een opstijgpunt en het kappen van 50 bomen, De aanvullende tekening heef! betrekking op het bouwen van de 5 masten. De aanvulling betref! de toevoeging van de klimraillhigh step (een voorziening ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden), Deze voorziening is abusievelijk op de eerdere tekeningen niet opgenomen,

Bijlage 2,5 -Aanzicht klimraillhigh step aan Wintrackmast

Hoogachtend,
TenneT TSO BV

Isid ermans
Projectmanager Randstad 380

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Beverwijk
T.a.v. dhr. R. Potma
Stationsplein 48
1948 LC BEVERWIJK

DATUM	30 mei 2013
UW REFERENTIE	20120305
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0158970
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	4 (in 4-voud)

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

Geachte heer Potma,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding en het kappen van 50 bomen ontvangen. Op 15 januari 2013 hebben we een aanvulling op deze aanvraag ingediend. Op 12 april 2013 is het ontwerpbesluit omgevingsvergunning door Bureau Energieprojecten ter inzage gelegd conform de procedure van de rijkscoördinatieregeling.

Bijgaand treft u nogmaals een verzoek om wijziging. Naar aanleiding van aangescherpte veiligheidseisen binnen TenneT is het noodzakelijk om de locatie van het voorziene veldhuisje en een deel van het hekwerk ter plaatse van het opstijgpunt aan te passen. Het veldhuisje zal volledig binnen het hekwerk van het opstijgpunt komen te liggen. Wij verzoeken u om dit mee te nemen in de vaststelling van het definitieve besluit.

Wij verzoeken u om de volgende tekeningen van bijlage 2.3 te vervangen door de bijgevoegde tekeningen: P10189-01, P10189-03, P10189-21 en P10189-22 (revisie D).

U ontvangt de aangepaste tekeningen in 4-voud.
Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

3E1001DD UN1008

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Beverwijk
T.a.v. dhr. R. Potma
Postbus 450
1940 AL BEVERWIJK

DATUM 9 augustus 2013
ONZE REFERENTIE 000.007.40 0179081
BEHANDELD DOOR Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT 026 373 15 55
E-MAIL Sara.Zehenpfenning@tennet.eu

BETREFT Wijziging aanvraag omgevingsvergunning lijn - Randstad 380 kV Beverwijk - Vijfhuizen

Geachte heer Potma,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding en het kappen van 50 bomen. Op 15 januari 2013 hebben we een aanvulling op deze aanvraag ingediend. Op 12 april 2013 is het ontwerpbesluit omgevingsvergunning door Bureau Energieprojecten ter inzage gelegd conform de procedure van de rijkscoördinatieregeling. Op 30 mei 2013 heeft u nogmaals een verzoek tot wijziging ontvangen. In dit laatste verzoek, verzocht TenneT om een tweetal aanpassingen mee te nemen in het definitieve besluit, te weten een verplaatsing van het veldhuisje en de aanpassing van het hekwerk.

Dhr. Kleine Deters van de gemeente Beverwijk heeft aangegeven geen medewerking te verlenen aan de gevraagde aanpassing van het hekwerk. De minimale verplaatsing van het veldhuisje kan volgens hem wel worden meegenomen in het vast te stellen definitieve besluit. Daarom ontvangt u hierbij een verzoek om wijziging die enkel betrekking heeft op de minimale verplaatsing van het veldhuisje.

Wij verzoeken u om de volgende tekeningen van bijlage 2.3 te vervangen door de bijgevoegde tekeningen: P10189-11, P10189-14, P10189-21, P10189-24 (revisie E).

U ontvangt de aangepaste tekeningen in 4-voud. Hopende u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

b.g. Zehenpt

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

GE1001DD UN1008

GB-OMGV lijn

Aanvraag omgevingsvergunning
Randstad 380kV Noordring
Beverwijk Vijfhuizen

Formulierversie
2012.01

Aanvraaggegevens

Let op: vul het fonnulier alstublieft volledig in.

Aanvraagnummer

Aanvraagnaam

Uw referentiecode

Ingediend op

Projectomschrijving

Gefaseerd

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Kappen

Kappen

Overig bOllWWerk bouwen

- **Bouwen**

Bijlagen

Nawoord en ondertekening

Formulierversie
2012.01

Aanvrager bedriJ"f

1 Bedrijf

KvK-vestigingsnummer 09155985

Statutaire naam TenneT TSO BV

Handelsnaam TenneT TSO BV

2 Contactpersoon

Geslacht
☒ Man
O Vrouw

Voorletters I.F.M.

Voorvoegsels

Achternaam Hermans

Functie Projectmanager Randstad 380 kV

3 **Vestiging**••dre. bedrijf

Postcode 6812 AR

Huisnummer 310

Huisnummertoevoeging

Straatnaam Utrechtseweg

Woonplaats Arnhem

Faxnummer

E-mailadres Sara.Zehenpfenning@tennet.eu

Adres berichtenbox

Formulierversie
2012.01

Locatie

1 Locatieaanduiding

Locatie waar de werkzaamheden plaatsvinden

- n Adres
- ☒ Kadastraal perceelnummer
- n Locatie op Noordzee, waddenzee of IJsselmeer

2 Adre.

Postcode

Hoogspanningsverbinding ten noorden "aD bet NQordzeekanaaJ zie ook 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)*
- o Nee

Specificatie locatie

Toelichting op locatie

3 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente: Beverwijk

Kadastrale gemeente

Kadastrale sectie: zie bijlage 1.2

Kadastraal perceelnummer

BouwpJannaam

Bouwnummer

Gelden de werkzaamheden în deze aanvraag/meldîng voor meerdere adressen of percelen?

☒ Ja
O Nee

Specificatie locatie

Toelichting op locatie

4 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel

n U bent eigenaar van het perceel
n U bent erfpachter van het perceel
O U bent huurder van het perceel
☒ Anders

Uw belang bij deze aanvraag

TenneT is initiatiefnemer van het project Gesprekken om zakelijk **recht te vestigeli worden momenteel** gevoerd.

5 Aanvulling locatieaanduiding

RD coördinaten

X-coördinaat

Zie bijlage 1.2

Y-coördinaat

UTM ED50 coördinaten

UTM-zone

0 31
0 32

N-coördinaat

E-coördinaat

ETR589 / WGS84 Coördinaten

Invoerwijze

O Graden.decimale graden
n Graden.minuten.decimale minuten
n Graden.minuten.seconden.decimale seconden

Lengte

Breedte

Kilometerraai

Rivier of kanaal

Kilometering

Zijde

O Noorden (N)
O Zuiden (Z)
O Oosten (0)
O Westen (W)
O Links (Li)
O Rechts (Re)

6 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie

Zie bijlage 1.2

Formulierversie
2012.01

Kappen

1 Kappen

Wat wilt u gaan doen?

☒ Kappen
O Anders

Beschrijf wat u wilt gaan doen.

kappen van meerdere bomen t.b.v. **bet plaatsen "an tijdel ijke jukken**

? Om hoeveel houtopstanden gaat het?

50 bomen

? Beschrijf per houtopstand om welk soort houtopstand het gaat

Populier

? Beschrijf per houtopstand de **locatie op het voor-, zij-, of achtererf.**

Voorerf

? Geef per houtopstand de diameter **van de stam in centimeter,** gemeten op 1,30 m boven het **maaiveld.**

25-30 cm

? Beschrijf per houtopstand of er een mogelijkheid is tot herbeplanten **en, zo ja, of u dat van plan bent.** Geef in het geval van herbeplanten **aan op welke locatie en met welke soorten u dat wilt gaan doen.**

Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.

De tijdelijk jukken zijn nodig voor **het veilig inhangen van de draden van de lroogspallüingsverbindillg over** de A9 (tussen mast 1 en 2). Zie ook bijlage 3.1.

Formulierversie
2012.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 Type **bouwwerk**

Wat gaat u bouwen? tracé 380 kV hoogspanningsverbinding mast 1 tIro 5 en een opstijgpJJPt

Gaat het om de bouw van één of meerdere zorgwoning(en)?

- o Zorgwoning(en)
- o Geen zorgwoning(en)

2 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?

- n Het wordt geheel vervangen
- o Het wordt gedeeltelijk vervangen
- ☒ Het wordt nieuw geplaatst

Eventuele toelichting

Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?

- n Ja
- ☒ Nee

3 Plaats van het bouwwerk

waar gaat u bouwen?

- Op het terrein
- o Aan of op het hoofdgebouw
- o 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.***
- o Nee

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

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 hel terrein **in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?**

0m2

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

40 m2

> *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.*

7 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

(?) **Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?**

☐ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de pen'ode 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?**

O Wonen
O **Overige gebruiksfuncties** > *Vul hieronder in waar u het bouwwerk en lo' terrein momenteel voor gebruikt.*

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

nvt

waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?

n **Wonen** > *Beantwoord de volgende twee vragen over de gebruiks- en v/oeroppetVlakte.*
☒ **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 hUUlwoningen 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?

0 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 2.1 tiro 2.4

14 **Mondeling toelichten**

Ik wil mijn bouwplan **mondeling toelichten voor de welstandscommissiel stadsbouwmeester.**

0 Ja
☒ Nee

15 **Kosten**

Wat zijn de geschatte kosten voor **de bouwwerkzaamheden in euro's** (exclusief BTW)? € 4.410.648,-

> *Beantwoord onderstaande vragen alleen als u één of meerdere torgwonlngen ofwooneenheden gast 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?

- n Zelfstandige Woning, grondgebonden (individueel **wonen)**
- o Zelfstandige Woning, in woongebouw (individueel wonen)
- n **Geclusterde grondgebonden woningen i.v.m. zorg** (individueel wonen)
- n **Geclusterde Woningen i.v.m. zorg in woongebouw** (individueel Wonen)
- n **Groepswoning**

? **welke zorgvoorziening is aanwezig in de woningenJwooneenheden?**

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

Formulierversie
2012.01

Toe te voegen bijlagen

Gegevens houtopstanden
Situatietekening kappen
Bijlage anders Kappen
welstand
Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken
Kwaliteitsverklaringen
Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken
Bruikbaarheid bouwwer1<
Brandveiligheid
Constructieve veiligheid complexere bouwwerken
Energiezuinigheid en milieu
Gezondheid complexere bouwwerken
Installaties complexere bouwwerken
Overige gegevens veiligheid
Gelijkwaardigheid
Bouwveiligheidsplan
Tunnelveiligheid
Bijlage anders Bouwen

Formulierversie
2012.01

Nawoord en ondertekening

Zijn de bijlagen bij deze aanvraag compleet?	o 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?**	n Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om persoonsen adresgegevens van de aanvrager/melder en, indien van toepassing, de gemachtigde **openbaar te maken?**	o Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om de geschatte kosten van de bouwwerkzaamheden openbaar te maken?	o 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

Handtekening

17-09-2012

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 Beverwijk**
Bezoekadres:	Stationsplein 48 1948 LC Beverwijk
Postadres:	postbus 450, 1940 AL Beverwijk
Emailadres:	info@beverwijk.nl
Website:	**www.beverwijk.nl**
Contactpersoon:	**Team vergunningen en handhaving**

TenneT
Taking power furfher

VRIJGAVE BLAD
VERGUNNINGSGEGEVENS

DATUM 17 september 2012
REFERENTIe 000.007.400024386 GB-OMGV lijn

ONDERWERP Aanvraag GB-OMGV lijn

Gemeente Beverwijk
Omgevingsvergunning lijn

Bijlage	Naam - kenmerk -revisiedatum	Gezien engineer	Paraaf voor vrijaave
1.1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring Beverwijk-Bleiswijk kenmerk: R380 10 0963 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	I.F.M. Hermans B/A G.Volman
1.2	Kadastrale kaarten kenmerk: R380 10 1228 blad 1 en 2 van 11 d.d. 29-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.1	Constructietekeningen en berekeningen masten Mastenlijst 380 kV verbinding Beverwijk-Vijfhuizen Kenmerk: 00.007.40 0036353 d.d. 4-9-2012 Statische ontwerpberekening Masttype 'W2E350(+5), W2H350(+5), W2H400(+0), W2S400(+5), W2E400(+0)" Kenmerk: -- d.d. 30-7-2012 Constructietekeningen masten: Kenmerk: MS20120025/01, MS20120025/03, MS20120025/04, MS20120025/05, MS20120025/10 d.d. 3-9-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.2	Constructietekeningen en principeberekening mastfundatie Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk-Viifhuizen) Fundatie Wintrackmasten.	J. Verduijn	G. Volman

	Principeberekening R38.5N poer Kenmerk: 2410010-BER-OO-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 R33.7, C.14.7, R38.5 kenmerk: T-VO-KW-0-003, T-VO-KW-0-004, T-VO-KW-0-007, T-V0-KW-V-004 d.d. 20-8-2012		
2.3	Constructietekening en berekeningen opstijgpunt kenmerk: 31107.03 d.d. 14-12-2011 kenmerk: B11 0002 d.d. 25-10-2011 kenmerk: MST/mstIM210100/20120725 d.d. 25-7-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.4	Lengteprofielen kenmerk: 30813059-50-001 VKT 4.0 blad 1 van 4 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
31	Tekening te kappen bomen kenmerk: 007.40 0040226 d.d. 7-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT
Taking power further

Bijlage 1.1

GB-OMGV lijn

Tracékaart
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk - Vijfhuizen

Randstad 380 kV

VKT 4.0 Noordring Beverwijk-Vijfhuizen

Randstad 380 kV VKT 4.0 Noordring Beverwijk-Vijfhuizen

Legenda

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

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

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

0 250 500 750 1.000 meter

N

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

TenneT
Taking power further

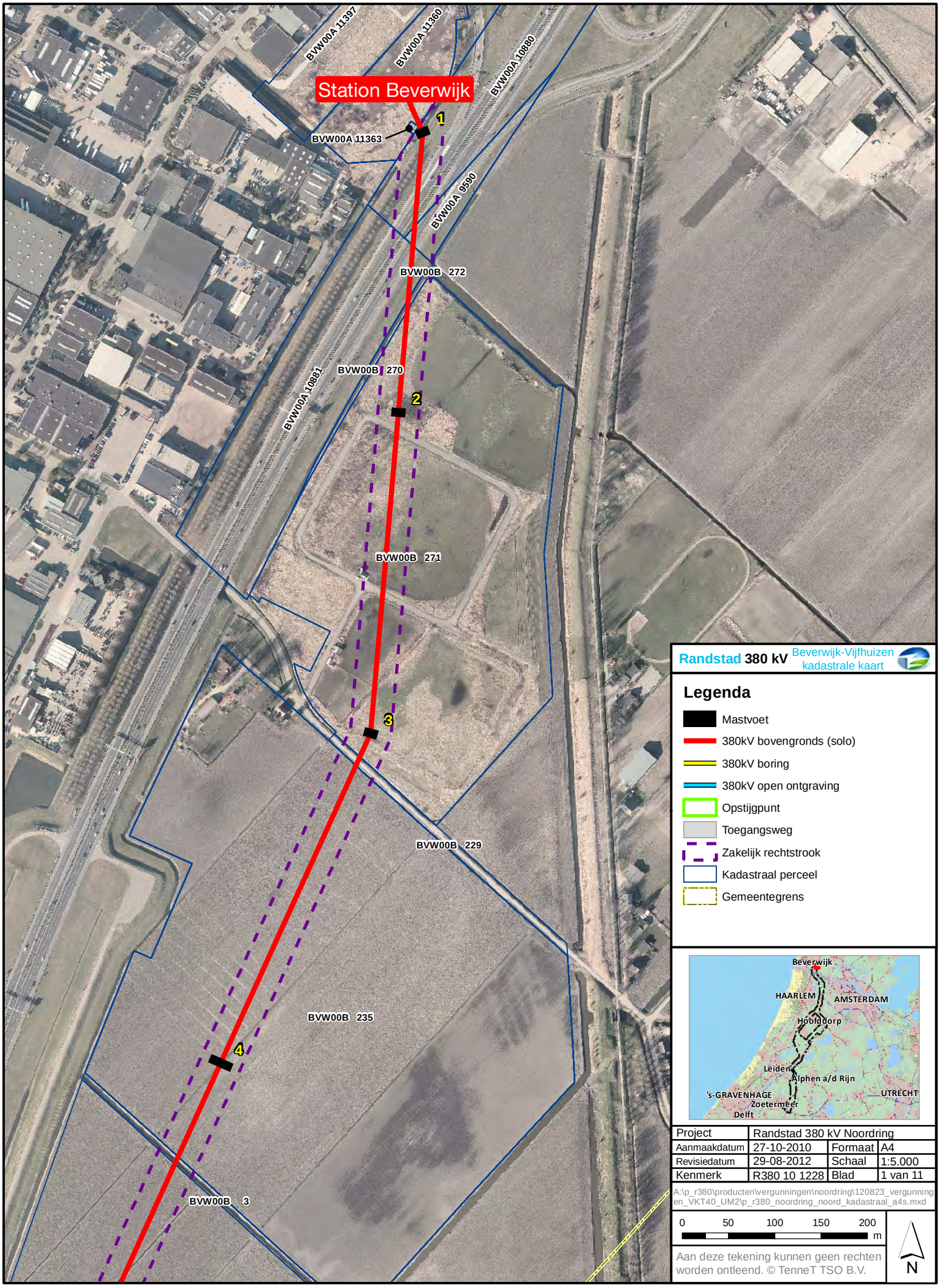
Bijlage 1.2

GB-OMGV lijn

Kadastrale kaarten

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

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

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

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

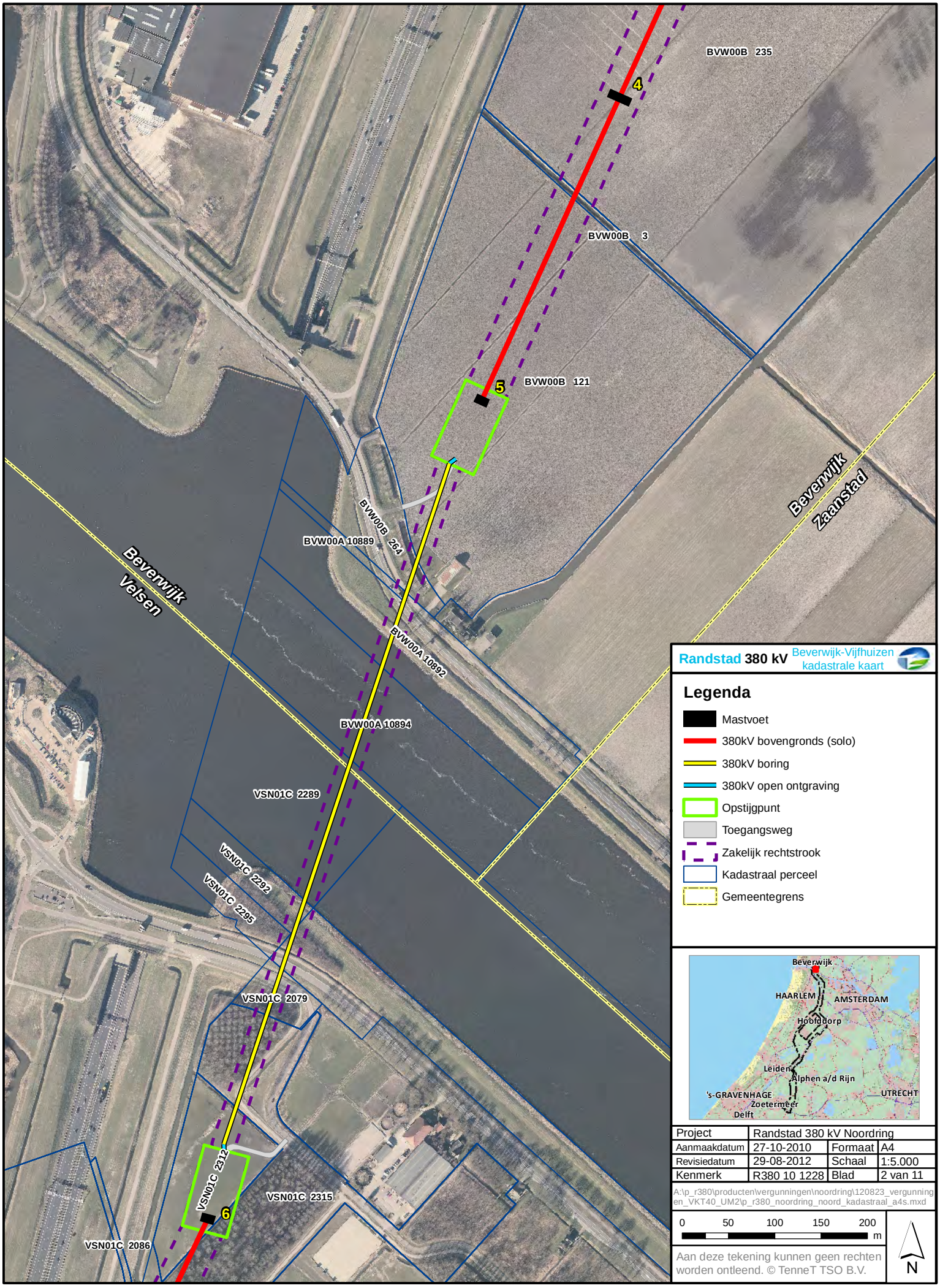
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

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

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

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

0 50 100 150 200 m

N

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

TenneT
Taking power further

Bijlage 2.1

GB-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 1Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+5)"

Mast 4,9 t/rn 11 en 13 t/rn 16

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

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

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S400(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

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

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,925 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28.5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2S400(+5)”

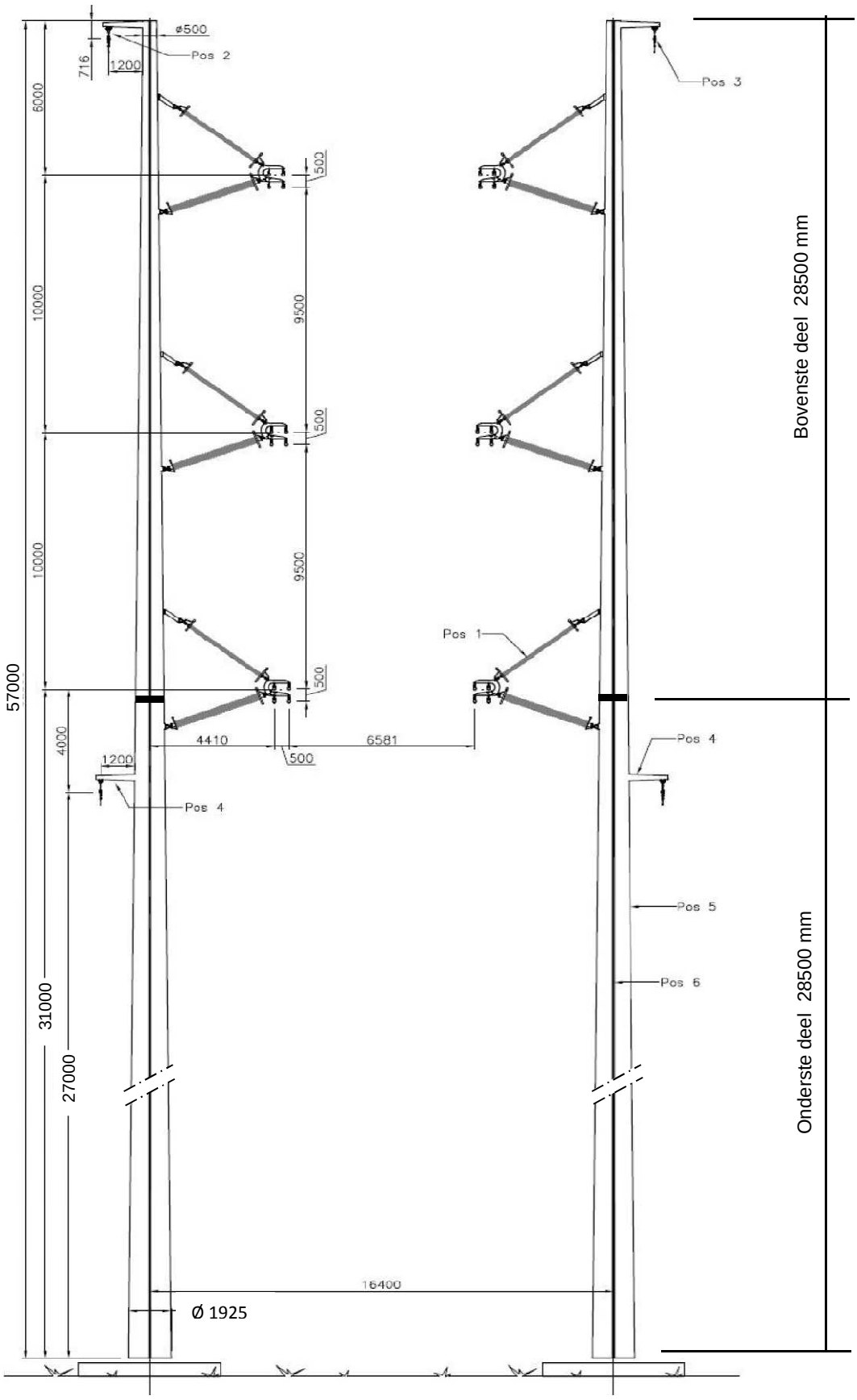
Berekening

W2S400+5

57,0 m - 1925 - 500

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16 (A + B)

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,213

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	518	500	n.v.t.	2	1	56,65
2	2150	571	518	n.v.t.	2	1	55,23
3	1425	607	571	n.v.t.	2	1	53,44
4	1425	643	607	n.v.t.	2	1	52,01
5	300	650	643	n.v.t.	2	1	51,15
6	2550	714	650	n.v.t.	2	1	49,73
7	1425	749	714	n.v.t.	2	1	47,74
8	1425	785	749	n.v.t.	2	1	46,31
9	2850	856	785	n.v.t.	2	1	44,18
10	1750	900	856	n.v.t.	2	1	41,88
11	1100	928	900	n.v.t.	2	1	40,45
12	2850	999	928	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1070	999	n.v.t.	2	1	35,63
14	2850	1141	1070	n.v.t.	2	1	32,78
15	350	1150	1141	n.v.t.	2	1	31,18
16	2500	1213	1150	n.v.t.	2	1	29,75
17	1500	1250	1213	n.v.t.	2	1	27,75
18	1350	1284	1213	n.v.t.	2	1	26,33
19	2850	1355	1284	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	1426	1355	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1498	1426	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1569	1498	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	1640	1569	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	1711	1640	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	1783	1711	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	1854	1783	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	1925	1854	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18727	147,01	5,78E+08	175,68	2,27E+06
2	544	12,0	20070	157,55	7,11E+08	188,27	2,61E+06
3	589	12,0	21755	170,77	9,06E+08	204,07	3,08E+06
4	625	12,0	23098	181,32	1,08E+09	216,66	3,47E+06
5	646	12,0	23911	187,70	1,20E+09	224,28	3,72E+06
6	682	12,0	25254	198,24	1,42E+09	236,87	4,16E+06
7	732	12,0	27127	212,95	1,76E+09	254,44	4,80E+06
8	767	12,0	28470	223,49	2,03E+09	267,03	5,29E+06
9	821	15,0	37964	298,02	3,08E+09	284,88	7,51E+06
10	878	15,0	40674	319,29	3,79E+09	305,21	8,63E+06
11	914	15,0	42353	332,47	4,28E+09	317,80	9,36E+06
12	963	15,0	44679	350,73	5,02E+09	335,25	1,04E+07
13	1034	18,0	57475	451,18	7,42E+09	359,40	1,44E+07
14	1106	18,0	61504	482,80	9,10E+09	384,59	1,65E+07
15	1146	18,0	63766	500,56	1,01E+10	398,73	1,77E+07
16	1181	18,0	65780	516,37	1,11E+10	411,32	1,88E+07
17	1231	20,0	76105	597,42	1,40E+10	428,30	2,27E+07
18	1248	20,0	77165	605,75	1,46E+10	434,27	2,33E+07
19	1319	20,0	81642	640,89	1,72E+10	459,45	2,61E+07
20	1391	22,0	94593	742,55	2,22E+10	483,94	3,19E+07
21	1462	22,0	99517	781,21	2,58E+10	509,13	3,53E+07
22	1533	22,0	104441	819,87	2,98E+10	534,32	3,89E+07
23	1604	22,0	109366	858,52	3,42E+10	559,51	4,27E+07
24	1676	22,0	114290	897,18	3,91E+10	584,70	4,66E+07
25	1747	22,0	119215	935,84	4,43E+10	609,89	5,08E+07
26	1818	22,0	124139	974,49	5,01E+10	635,07	5,51E+07
27	1889	22,0	129064	1013,15	5,63E+10	660,26	5,96E+07

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,78E+08
2	56300	2 -- 3	2	2150	2,01E+04	7,11E+08
3	54150	3 -- 4	3	1425	2,18E+04	9,06E+08
4	52725	4 -- 5	4	1425	2,31E+04	1,08E+09
5	51300	5 -- 6	5	300	2,39E+04	1,20E+09
6	51000	6 -- 7	6	2550	2,53E+04	1,42E+09
7	48450	7 -- 8	7	1425	2,71E+04	1,76E+09
8	47025	8 -- 9	8	1425	2,85E+04	2,03E+09
9	45600	9 -- 10	9	2850	3,80E+04	3,08E+09
10	42750	10 -- 11	10	1750	4,07E+04	3,79E+09
11	41000	11 -- 12	11	1100	4,24E+04	4,28E+09
12	39900	12 -- 13	12	2850	4,47E+04	5,02E+09
13	37050	13 -- 14	13	2850	5,75E+04	7,42E+09
14	34200	14 -- 15	14	2850	6,15E+04	9,10E+09
15	31350	15 -- 16	15	350	6,38E+04	1,01E+10
16	31000	16 -- 17	16	2500	6,58E+04	1,11E+10
17	28500	17 -- 18	17	1500	7,61E+04	1,40E+10
18	27000	18 -- 19	18	1350	7,72E+04	1,46E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	8,16E+04	1,72E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	9,46E+04	2,22E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	9,95E+04	2,58E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,04E+05	2,98E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,09E+05	3,42E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,14E+05	3,91E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,19E+05	4,43E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,24E+05	5,01E+10
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,29E+05	5,63E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,65	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,23	0,21	1,18	31,77	0,18	1417
3	53,44	0,21	1,17	31,59	0,18	1405
4	52,01	0,21	1,16	31,43	0,18	1395
5	51,15	0,21	1,16	31,34	0,18	1389
6	49,73	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
7	47,74	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
8	46,31	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
9	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
10	41,88	0,21	1,12	30,21	0,19	1317
11	40,45	0,21	1,11	30,01	0,19	1305
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
15	31,18	0,21	1,06	28,54	0,20	1215
16	29,75	0,21	1,05	28,28	0,20	1199
17	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
18	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1134	300	0,30	0,00	4,10E-02	1349,81
2	2 -- 3	3710	3860	5,29	0,61	4,10E-02	1321,14
3	3 -- 4	2647		9,00	15,98	4,08E-02	1233,16
4	4 -- 5	2798		11,65	30,69	4,07E-02	1175,07
5	5 -- 6	608		14,45	49,29	4,04E-02	1117,27
6	6 -- 7	5438	28404	43,46	53,72	4,04E-02	1105,15
7	7 -- 8	3248		48,90	171,47	3,94E-02	1003,22
8	8 -- 9	3398		52,15	243,47	3,86E-02	947,60
9	9 -- 10	8921		55,55	320,20	3,77E-02	893,22
10	10 -- 11	5850		64,47	491,21	3,59E-02	788,21
11	11 -- 12	3822	28404	98,72	609,15	3,47E-02	726,42
12	12 -- 13	10423		102,54	719,84	3,39E-02	688,70
13	13 -- 14	13286		112,97	1026,94	3,15E-02	595,33
14	14 -- 15	14187		126,25	1367,83	2,93E-02	508,47
15	15 -- 16	1804		140,44	1747,86	2,70E-02	428,04
16	16 -- 17	13284	28404	170,65	1797,33	2,67E-02	418,64
17	17 -- 18	9186	9037	192,97	2240,56	2,46E-02	354,43
18	18 -- 19	8380	7694	209,85	2536,90	2,33E-02	318,47
19	19 -- 20	18693		218,23	2825,85	2,22E-02	287,74
20	20 -- 21	21590		236,92	3474,44	1,97E-02	227,99
21	21 -- 22	22692		258,51	4180,43	1,73E-02	175,13
22	22 -- 23	23794		281,20	4949,53	1,49E-02	129,03
23	23 -- 24	24895		305,00	5784,87	1,25E-02	89,83
24	24 -- 25	25997		329,89	6689,59	1,00E-02	57,63
25	25 -- 26	27099		355,89	7666,83	7,54E-03	32,50
26	26 -- 27	28201		382,99	8719,73	5,04E-03	14,50
27	27 -- 28	29302		411,19	9851,44	2,52E-03	3,66
28			30510	471,00	11065,08	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,4	30,0	1,350	1882,97	256,918
2	2 -- 3	371,0	386,0	1,321	9650,64	1278,838
3	3 -- 4	264,7		1,233	3127,08	383,829
4	4 -- 5	279,8		1,175	3145,51	367,510
5	5 -- 6	60,8		1,117	662,88	75,087
6	6 -- 7	543,8	2840,4	1,105	36417,59	4073,421
7	7 -- 8	324,8		1,003	3108,15	309,043
8	8 -- 9	339,8		0,948	3068,54	287,901
9	9 -- 10	892,1		0,893	7357,55	630,540
10	10 -- 11	585,0		0,788	4346,18	335,518
11	11 -- 12	382,2	2840,4	0,726	22894,27	1690,199
12	12 -- 13	1042,3		0,689	6564,85	429,638
13	13 -- 14	1328,6		0,595	7193,24	404,685
14	14 -- 15	1418,7		0,508	6517,12	311,078
15	15 -- 16	180,4		0,428	749,38	32,339
16	16 -- 17	1328,4	2840,4	0,419	16702,27	696,274
17	17 -- 18	918,6	903,7	0,354	6173,96	217,503
18	18 -- 19	838,0	769,4	0,318	4895,59	155,028
19	19 -- 20	1869,3		0,288	4728,72	124,300
20	20 -- 21	2159,0		0,228	4269,08	87,715
21	21 -- 22	2269,2		0,175	3385,38	52,482
22	22 -- 23	2379,4		0,129	2554,19	28,491
23	23 -- 24	2489,5		0,090	1800,58	13,532
24	24 -- 25	2599,7		0,058	1149,31	5,280
25	25 -- 26	2709,9		0,033	624,81	1,497
26	26 -- 27	2820,1		0,015	251,27	0,233
27	27 -- 28	2930,2		0,004	52,63	0,010
28			3051,0	0,000	0,00	0,000
				Som	163274	12249

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

$n_{1,x}$	=	0,58	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,58	Hz
b =	1,21	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,080	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,092	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,48	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,28	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,11	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,21	
R^2 =	1,13	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,49	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,55

$c_s c_d$ = **1,17**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,83	0,64
2	31,8	1,15E+06	0,77	0,83	0,64
3	31,6	1,24E+06	0,77	0,83	0,64
4	31,4	1,31E+06	0,77	0,83	0,64
5	31,3	1,35E+06	0,77	0,83	0,64
6	31,2	1,42E+06	0,77	0,83	0,64
7	30,9	1,51E+06	0,77	0,83	0,64
8	30,8	1,57E+06	0,77	0,83	0,64
9	30,5	1,67E+06	0,77	0,83	0,64
10	30,2	1,77E+06	0,77	0,83	0,64
11	30,0	1,83E+06	0,77	0,83	0,64
12	29,7	1,91E+06	0,77	0,83	0,63
13	29,3	2,02E+06	0,76	0,83	0,63
14	28,8	2,12E+06	0,76	0,83	0,63
15	28,5	2,18E+06	0,76	0,83	0,63
16	28,3	2,23E+06	0,76	0,83	0,63
17	27,9	2,29E+06	0,76	0,83	0,63
18	27,6	2,30E+06	0,76	0,83	0,63
19	27,1	2,39E+06	0,76	0,83	0,63
20	26,4	2,45E+06	0,76	0,83	0,63
21	25,6	2,49E+06	0,76	0,83	0,63
22	24,7	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
23	23,5	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
24	22,1	2,47E+06	0,75	0,83	0,62
25	20,2	2,35E+06	0,74	0,83	0,61
26	17,3	2,10E+06	0,73	0,83	0,60
27	16,9	2,13E+06	0,73	0,83	0,60

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - Q en Q2		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	51,00	4,410
2e traverse - 380C1F2	41,00	4,410
3e traverse - 380C1F3	31,00	4,410
Passieve run	27,00	1,825

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1029	105	1134	0,228	0,084	520	0,742
2	3387	323	3710	0,749	0,258	1665	0,775
3	2434	214	2647	0,537	0,171	1161	0,814
4	2584	214	2798	0,569	0,171	1205	0,845
5	563	45	608	0,124	0,036	259	0,864
6	5055	383	5438	1,110	0,306	2278	0,894
7	3034	214	3248	0,665	0,171	1331	0,934
8	3185	214	3398	0,696	0,171	1370	0,962
9	8494	428	8921	1,488	0,342	2856	1,002
10	5588	263	5850	0,977	0,210	1825	1,043
11	3657	165	3822	0,638	0,132	1174	1,067
12	9996	428	10423	1,742	0,342	3133	1,099
13	12859	428	13286	1,868	0,342	3253	1,141
14	13760	428	14187	1,993	0,342	3359	1,179
15	1752	53	1804	0,253	0,042	419	1,197
16	12909	375	13284	1,865	0,300	3030	1,212
17	8961	225	9186	1,165	0,180	1845	1,230
18	8178	203	8380	1,061	0,162	1654	1,225
19	18265	428	18693	2,365	0,342	3571	1,253
20	21163	428	21590	2,487	0,342	3596	1,262
21	22264	428	22692	2,607	0,342	3589	1,259
22	23366	428	23794	2,725	0,342	3543	1,243
23	24468	428	24895	2,839	0,342	3444	1,209
24	25570	428	25997	2,949	0,342	3272	1,148
25	26671	428	27099	3,049	0,342	2986	1,048
26	27773	428	28201	3,126	0,342	2492	0,874
27	28875	428	29302	3,242	0,342	2502	0,878
	325839	8550	334389	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	61334

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1944	360	360	360	360
2	2 -- 3	2071	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2229				
4	4 -- 5	2356				
5	5 -- 6	2432				
6	6 -- 7	2559	34090	34072	58752	40106
7	7 -- 8	2735				
8	8 -- 9	2862				
9	9 -- 10	3756				
10	10 -- 11	4011				
11	11 -- 12	4170	34090	34072	58752	40106
12	12 -- 13	4389				
13	13 -- 14	5594				
14	14 -- 15	5974				
15	15 -- 16	6187				
16	16 -- 17	6376	34090	34072	58752	40106
17	17 -- 18	7349	10844	10844	10844	10844
18	18 -- 19	7449	9234	9230	37352	12244
19	19 -- 20	7871				
20	20 -- 21	9091				
21	21 -- 22	9555				
22	22 -- 23	10018				
23	23 -- 24	10482				
24	24 -- 25	10946				
25	25 -- 26	11410				
26	26 -- 27	11874				
27	27 -- 28	12338				
28			36612	36612	36612	36612

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	742				
2	2 -- 3	775	10176	3240	12168	3354
3	3 -- 4	814				
4	4 -- 5	845				
5	5 -- 6	864				
6	6 -- 7	894	60112	21836	42312	21468
7	7 -- 8	934				
8	8 -- 9	962				
9	9 -- 10	1002				
10	10 -- 11	1043				
11	11 -- 12	1067	55920	21088	40160	20732
12	12 -- 13	1099				
13	13 -- 14	1141				
14	14 -- 15	1179				
15	15 -- 16	1197				
16	16 -- 17	1212	50600	20146	37446	19802
17	17 -- 18	1230				
18	18 -- 19	1225	14532	5508	19008	5780
19	19 -- 20	1253				
20	20 -- 21	1262				
21	21 -- 22	1259				
22	22 -- 23	1243				
23	23 -- 24	1209				
24	24 -- 25	1148				
25	25 -- 26	1048				
26	26 -- 27	874				
27	27 -- 28	878				
28						

KEMA rapport - bijlage Q2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1187				
2	2 -- 3	1239	14796	4302	17356	4514
3	3 -- 4	1303				
4	4 -- 5	1353				
5	5 -- 6	1382				
6	6 -- 7	1430	86756	28240	58878	28266
7	7 -- 8	1494				
8	8 -- 9	1539				
9	9 -- 10	1603				
10	10 -- 11	1669				
11	11 -- 12	1708	80508	27106	55648	27152
12	12 -- 13	1759				
13	13 -- 14	1826				
14	14 -- 15	1886				
15	15 -- 16	1915				
16	16 -- 17	1939	72560	25676	51566	25746
17	17 -- 18	1968				
18	18 -- 19	1960	20912	7092	26732	7588
19	19 -- 20	2005				
20	20 -- 21	2019				
21	21 -- 22	2015				
22	22 -- 23	1989				
23	23 -- 24	1934				
24	24 -- 25	1837				
25	25 -- 26	1677				
26	26 -- 27	1399				
27	27 -- 28	1405				
28						

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	520		0	0,00E+00	6,94E-03	223
2	2 -- 3	1665		520	2,07E+05	6,94E-03	218
3	3 -- 4	1161		2185	3,24E+06	6,92E-03	203
4	4 -- 5	1205		3345	7,30E+06	6,88E-03	193
5	5 -- 6	259		4550	1,31E+07	6,82E-03	184
6	6 -- 7	2278		4809	1,45E+07	6,80E-03	182
7	7 -- 8	1331		7088	3,05E+07	6,61E-03	164
8	8 -- 9	1370		8418	4,21E+07	6,47E-03	155
9	9 -- 10	2856		9789	5,55E+07	6,31E-03	146
10	10 -- 11	1825		12645	8,86E+07	6,00E-03	128
11	11 -- 12	1174		14470	1,13E+08	5,78E-03	118
12	12 -- 13	3133		15644	1,30E+08	5,63E-03	112
13	13 -- 14	3253		18777	1,81E+08	5,21E-03	96
14	14 -- 15	3359		22030	2,41E+08	4,83E-03	82
15	15 -- 16	419		25389	3,11E+08	4,42E-03	69
16	16 -- 17	3030		25808	3,20E+08	4,37E-03	67
17	17 -- 18	1845		28838	3,90E+08	3,99E-03	57
18	18 -- 19	1654		30683	4,36E+08	3,78E-03	51
19	19 -- 20	3571		32337	4,79E+08	3,58E-03	46
20	20 -- 21	3596		35908	5,79E+08	3,17E-03	36
21	21 -- 22	3589		39504	6,89E+08	2,78E-03	28
22	22 -- 23	3543		43093	8,08E+08	2,39E-03	20
23	23 -- 24	3444		46636	9,38E+08	1,99E-03	14
24	24 -- 25	3272		50081	1,08E+09	1,59E-03	9
25	25 -- 26	2986		53353	1,23E+09	1,19E-03	5
26	26 -- 27	2492		56340	1,38E+09	7,91E-04	2
27	27 -- 28	2502		58831	1,55E+09	3,94E-04	1
28				61334	1,72E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,32E-02	1309
2	2 -- 3		10176	166285	1,56E+05	4,32E-02	1279
3	3 -- 4			980748	2,28E+07	4,31E-02	1186
4	4 -- 5			1675879	3,80E+07	4,29E-02	1124
5	5 -- 6			2532829	5,34E+07	4,26E-02	1064
6	6 -- 7		60112	3133326	5,70E+07	4,25E-02	1051
7	7 -- 8			8236639	2,41E+08	4,12E-02	944
8	8 -- 9			11184449	3,44E+08	4,01E-02	886
9	9 -- 10			14229995	4,48E+08	3,88E-02	829
10	10 -- 11			20974087	6,55E+08	3,64E-02	722
11	11 -- 12		55920	27027538	7,84E+08	3,48E-02	660
12	12 -- 13			30799115	9,26E+08	3,38E-02	622
13	13 -- 14			40954995	1,30E+09	3,08E-02	530
14	14 -- 15			51300966	1,67E+09	2,81E-02	446
15	15 -- 16			61744580	2,04E+09	2,53E-02	370
16	16 -- 17		50600	63261200	2,08E+09	2,50E-02	361
17	17 -- 18			74464051	2,54E+09	2,25E-02	301
18	18 -- 19		14532	81193499	2,81E+09	2,12E-02	268
19	19 -- 20			87096466	3,07E+09	1,99E-02	241
20	20 -- 21			99351706	3,63E+09	1,72E-02	188
21	21 -- 22			110914964	4,19E+09	1,48E-02	142
22	22 -- 23			121640101	4,74E+09	1,25E-02	103
23	23 -- 24			131307877	5,30E+09	1,02E-02	71
24	24 -- 25			139701928	5,85E+09	8,00E-03	45
25	25 -- 26			146607895	6,40E+09	5,88E-03	25
26	26 -- 27			151812813	6,95E+09	3,83E-03	11
27	27 -- 28			155104666	7,50E+09	1,88E-03	3
28	28 -- 29			156352940	8,05E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,57E-02	479
2	2 -- 3		3240	3240	5,65E+04	1,57E-02	468
3	3 -- 4			3240	7,32E+06	1,56E-02	435
4	4 -- 5			3240	1,22E+07	1,55E-02	412
5	5 -- 6			3240	1,71E+07	1,55E-02	390
6	6 -- 7		21836	25076	1,83E+07	1,54E-02	386
7	7 -- 8			25076	8,41E+07	1,50E-02	347
8	8 -- 9			25076	1,21E+08	1,46E-02	326
9	9 -- 10			25076	1,58E+08	1,41E-02	305
10	10 -- 11			25076	2,32E+08	1,33E-02	266
11	11 -- 12		21088	46164	2,78E+08	1,27E-02	243
12	12 -- 13			46164	3,30E+08	1,24E-02	229
13	13 -- 14			46164	4,65E+08	1,13E-02	196
14	14 -- 15			46164	6,01E+08	1,03E-02	165
15	15 -- 16			46164	7,36E+08	9,33E-03	137
16	16 -- 17		20146	66310	7,53E+08	9,20E-03	133
17	17 -- 18			66310	9,23E+08	8,31E-03	112
18	18 -- 19		5508	71818	1,02E+09	7,81E-03	99
19	19 -- 20			71818	1,12E+09	7,34E-03	89
20	20 -- 21			71818	1,33E+09	6,37E-03	70
21	21 -- 22			71818	1,54E+09	5,50E-03	53
22	22 -- 23			71818	1,75E+09	4,63E-03	38
23	23 -- 24			71818	1,96E+09	3,79E-03	26
24	24 -- 25			71818	2,17E+09	2,97E-03	17
25	25 -- 26			71818	2,37E+09	2,18E-03	9
26	26 -- 27			71818	2,58E+09	1,42E-03	4
27	27 -- 28			71818	2,79E+09	6,97E-04	1
28				71818	2,99E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,44E-02	1022
2	2 -- 3		12168	12168	1,24E+05	3,44E-02	998
3	3 -- 4			12168	2,69E+07	3,42E-02	924
4	4 -- 5			12168	4,48E+07	3,39E-02	876
5	5 -- 6			12168	6,28E+07	3,36E-02	827
6	6 -- 7		42312	54480	6,69E+07	3,35E-02	817
7	7 -- 8			54480	2,10E+08	3,23E-02	733
8	8 -- 9			54480	2,90E+08	3,14E-02	688
9	9 -- 10			54480	3,70E+08	3,03E-02	644
10	10 -- 11			54480	5,30E+08	2,83E-02	560
11	11 -- 12		40160	94640	6,30E+08	2,70E-02	512
12	12 -- 13			94640	7,37E+08	2,62E-02	483
13	13 -- 14			94640	1,01E+09	2,38E-02	411
14	14 -- 15			94640	1,29E+09	2,17E-02	346
15	15 -- 16			94640	1,57E+09	1,96E-02	287
16	16 -- 17		37446	132086	1,60E+09	1,93E-02	280
17	17 -- 18			132086	1,94E+09	1,74E-02	234
18	18 -- 19		19008	151094	2,15E+09	1,64E-02	209
19	19 -- 20			151094	2,36E+09	1,54E-02	187
20	20 -- 21			151094	2,80E+09	1,34E-02	146
21	21 -- 22			151094	3,24E+09	1,15E-02	111
22	22 -- 23			151094	3,67E+09	9,72E-03	80
23	23 -- 24			151094	4,11E+09	7,95E-03	55
24	24 -- 25			151094	4,55E+09	6,24E-03	35
25	25 -- 26			151094	4,99E+09	4,58E-03	19
26	26 -- 27			151094	5,42E+09	2,99E-03	8
27	27 -- 28			151094	5,85E+09	1,46E-03	2
28				151094	6,28E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,55E-02	474
2	2 -- 3		3354	3354	5,61E+04	1,55E-02	463
3	3 -- 4			3354	7,56E+06	1,55E-02	430
4	4 -- 5			3354	1,26E+07	1,54E-02	408
5	5 -- 6			3354	1,77E+07	1,53E-02	386
6	6 -- 7		21468	24822	1,89E+07	1,53E-02	382
7	7 -- 8			24822	8,40E+07	1,49E-02	343
8	8 -- 9			24822	1,20E+08	1,45E-02	322
9	9 -- 10			24822	1,57E+08	1,40E-02	302
10	10 -- 11			24822	2,30E+08	1,32E-02	263
11	11 -- 12		20732	45554	2,76E+08	1,26E-02	241
12	12 -- 13			45554	3,27E+08	1,22E-02	227
13	13 -- 14			45554	4,61E+08	1,12E-02	193
14	14 -- 15			45554	5,94E+08	1,02E-02	163
15	15 -- 16			45554	7,28E+08	9,23E-03	135
16	16 -- 17		19802	65356	7,44E+08	9,10E-03	132
17	17 -- 18			65356	9,12E+08	8,22E-03	110
18	18 -- 19		5780	71136	1,01E+09	7,73E-03	98
19	19 -- 20			71136	1,11E+09	7,26E-03	88
20	20 -- 21			71136	1,32E+09	6,31E-03	69
21	21 -- 22			71136	1,52E+09	5,44E-03	52
22	22 -- 23			71136	1,73E+09	4,58E-03	38
23	23 -- 24			71136	1,94E+09	3,75E-03	26
24	24 -- 25			71136	2,14E+09	2,94E-03	16
25	25 -- 26			71136	2,35E+09	2,16E-03	9
26	26 -- 27			71136	2,55E+09	1,41E-03	4
27	27 -- 28			71136	2,76E+09	6,90E-04	1
28				71136	2,96E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,32E-03	155
2	2 -- 3				5,41E+06	7,32E-03	150
3	3 -- 4				5,41E+06	7,24E-03	134
4	4 -- 5				5,41E+06	7,20E-03	124
5	5 -- 6				5,41E+06	7,16E-03	114
6	6 -- 7				1,31E+08	7,16E-03	111
7	7 -- 8				1,31E+08	6,04E-03	95
8	8 -- 9				1,31E+08	5,53E-03	86
9	9 -- 10				1,31E+08	5,10E-03	79
10	10 -- 11				1,31E+08	4,52E-03	65
11	11 -- 12				2,56E+08	4,23E-03	57
12	12 -- 13				2,56E+08	3,92E-03	53
13	13 -- 14				2,56E+08	3,23E-03	43
14	14 -- 15				2,56E+08	2,76E-03	34
15	15 -- 16				2,56E+08	2,38E-03	27
16	16 -- 17				3,81E+08	2,34E-03	26
17	17 -- 18				3,81E+08	1,93E-03	21
18	18 -- 19				3,95E+08	1,73E-03	18
19	19 -- 20				3,95E+08	1,56E-03	16
20	20 -- 21				3,95E+08	1,25E-03	12
21	21 -- 22				3,95E+08	1,01E-03	9
22	22 -- 23				3,95E+08	7,97E-04	6
23	23 -- 24				3,95E+08	6,17E-04	4
24	24 -- 25				3,95E+08	4,61E-04	2
25	25 -- 26				3,95E+08	3,23E-04	1
26	26 -- 27				3,95E+08	2,02E-04	1
27	27 -- 28				3,95E+08	9,53E-05	0
28					3,95E+08	0,00E+00	0

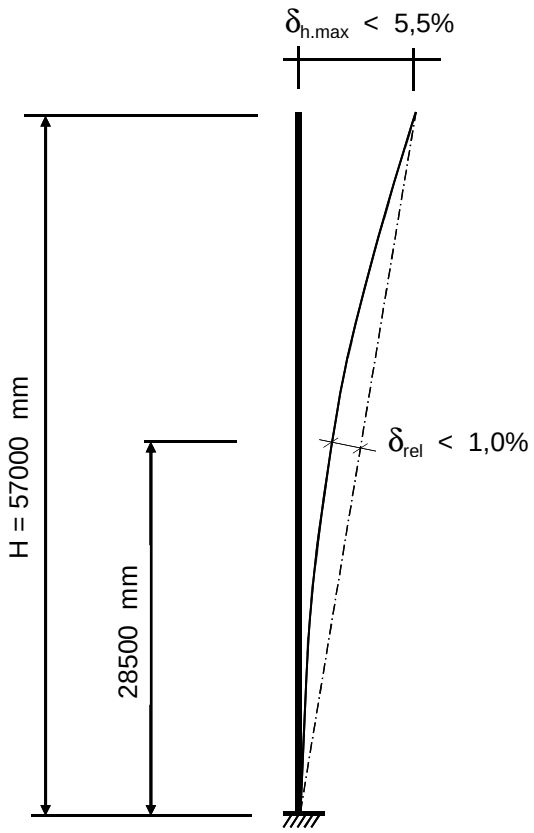
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,7E-02	1687
2	2 -- 3	5,7E-02	1646
3	3 -- 4	5,7E-02	1523
4	4 -- 5	5,7E-02	1442
5	5 -- 6	5,7E-02	1361
6	6 -- 7	5,6E-02	1344
7	7 -- 8	5,4E-02	1203
8	8 -- 9	5,2E-02	1127
9	9 -- 10	5,0E-02	1054
10	10 -- 11	4,7E-02	916
11	11 -- 12	4,5E-02	835
12	12 -- 13	4,3E-02	787
13	13 -- 14	3,9E-02	669
14	14 -- 15	3,6E-02	562
15	15 -- 16	3,2E-02	465
16	16 -- 17	3,2E-02	454
17	17 -- 18	2,8E-02	379
18	18 -- 19	2,7E-02	337
19	19 -- 20	2,5E-02	302
20	20 -- 21	2,2E-02	236
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	129
23	23 -- 24	1,3E-02	89
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,4E-03	31
26	26 -- 27	4,8E-03	14
27	27 -- 28	2,4E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1687 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 379 mm
α = 1,69 graden

δ_{rel} = 464 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,81 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	779	360	0	0,00E+00	1,01E-02	326
2	2 -- 3	2498	6353	779	2,73E+05	1,01E-02	319
3	3 -- 4	1741	10805	3277	4,63E+06	1,01E-02	297
4	4 -- 5	1807	13981	5018	1,05E+07	1,00E-02	283
5	5 -- 6	389	17338	6825	1,90E+07	9,95E-03	269
6	6 -- 7	3418	52158	7214	2,11E+07	9,92E-03	266
7	7 -- 8	1996	58683	10632	4,38E+07	9,65E-03	241
8	8 -- 9	2056	62581	12628	6,04E+07	9,45E-03	227
9	9 -- 10	4284	66659	14683	7,99E+07	9,22E-03	214
10	10 -- 11	2738	77365	18967	1,28E+08	8,76E-03	188
11	11 -- 12	1761	118475	21705	1,63E+08	8,44E-03	173
12	12 -- 13	4699	123061	23466	1,88E+08	8,23E-03	164
13	13 -- 14	4879	135569	28165	2,62E+08	7,62E-03	141
14	14 -- 15	5039	151512	33044	3,49E+08	7,07E-03	120
15	15 -- 16	628	168537	38083	4,50E+08	6,47E-03	101
16	16 -- 17	4545	204793	38712	4,64E+08	6,40E-03	99
17	17 -- 18	2768	231578	43257	5,66E+08	5,85E-03	83
18	18 -- 19	2481	251836	46024	6,33E+08	5,54E-03	75
19	19 -- 20	5357	261892	48505	6,97E+08	5,25E-03	67
20	20 -- 21	5394	284323	53862	8,43E+08	4,64E-03	53
21	21 -- 22	5384	310231	59256	1,00E+09	4,08E-03	41
22	22 -- 23	5315	337462	64640	1,18E+09	3,50E-03	30
23	23 -- 24	5167	366014	69955	1,37E+09	2,92E-03	21
24	24 -- 25	4908	395889	75121	1,58E+09	2,34E-03	13
25	25 -- 26	4480	427085	80030	1,80E+09	1,75E-03	8
26	26 -- 27	3737	459604	84509	2,03E+09	1,17E-03	3
27	27 -- 28	3754	493444	88247	2,28E+09	5,81E-04	1
28			565219	92001	2,54E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,08E-02	1841
2	2 -- 3		14796	14796	0,00E+00	6,08E-02	1799
3	3 -- 4			14796	3,18E+07	6,06E-02	1668
4	4 -- 5			14796	5,29E+07	6,03E-02	1582
5	5 -- 6			14796	7,40E+07	5,99E-02	1496
6	6 -- 7		86756	101552	7,84E+07	5,98E-02	1478
7	7 -- 8			101552	3,37E+08	5,80E-02	1328
8	8 -- 9			101552	4,82E+08	5,64E-02	1246
9	9 -- 10			101552	6,27E+08	5,46E-02	1167
10	10 -- 11			101552	9,16E+08	5,12E-02	1016
11	11 -- 12		80508	182060	1,09E+09	4,89E-02	929
12	12 -- 13			182060	1,29E+09	4,75E-02	876
13	13 -- 14			182060	1,81E+09	4,33E-02	746
14	14 -- 15			182060	2,33E+09	3,95E-02	628
15	15 -- 16			182060	2,85E+09	3,56E-02	520
16	16 -- 17		72560	254620	2,91E+09	3,52E-02	508
17	17 -- 18			254620	3,55E+09	3,17E-02	424
18	18 -- 19		20912	275532	3,93E+09	2,98E-02	378
19	19 -- 20			275532	4,30E+09	2,80E-02	339
20	20 -- 21			275532	5,09E+09	2,43E-02	265
21	21 -- 22			275532	5,88E+09	2,09E-02	200
22	22 -- 23			275532	6,66E+09	1,76E-02	145
23	23 -- 24			275532	7,45E+09	1,44E-02	100
24	24 -- 25			275532	8,23E+09	1,13E-02	63
25	25 -- 26			275532	9,02E+09	8,29E-03	35
26	26 -- 27			275532	9,80E+09	5,41E-03	15
27	27 -- 28			275532	1,06E+10	2,65E-03	4
28				275532	1,14E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,98E-02	604
2	2 -- 3		4302	4302	0,00E+00	1,98E-02	590
3	3 -- 4			4302	9,25E+06	1,97E-02	548
4	4 -- 5			4302	1,54E+07	1,96E-02	520
5	5 -- 6			4302	2,15E+07	1,95E-02	492
6	6 -- 7		28240	32542	2,28E+07	1,95E-02	486
7	7 -- 8			32542	1,06E+08	1,89E-02	437
8	8 -- 9			32542	1,52E+08	1,84E-02	410
9	9 -- 10			32542	1,99E+08	1,78E-02	384
10	10 -- 11			32542	2,91E+08	1,67E-02	335
11	11 -- 12		27106	59648	3,48E+08	1,60E-02	306
12	12 -- 13			59648	4,14E+08	1,56E-02	289
13	13 -- 14			59648	5,84E+08	1,42E-02	246
14	14 -- 15			59648	7,54E+08	1,30E-02	208
15	15 -- 16			59648	9,24E+08	1,17E-02	172
16	16 -- 17		25676	85324	9,45E+08	1,16E-02	168
17	17 -- 18			85324	1,16E+09	1,05E-02	141
18	18 -- 19		7092	92416	1,29E+09	9,84E-03	125
19	19 -- 20			92416	1,41E+09	9,25E-03	112
20	20 -- 21			92416	1,67E+09	8,03E-03	88
21	21 -- 22			92416	1,94E+09	6,93E-03	66
22	22 -- 23			92416	2,20E+09	5,84E-03	48
23	23 -- 24			92416	2,46E+09	4,78E-03	33
24	24 -- 25			92416	2,73E+09	3,75E-03	21
25	25 -- 26			92416	2,99E+09	2,75E-03	12
26	26 -- 27			92416	3,25E+09	1,80E-03	5
27	27 -- 28			92416	3,52E+09	8,80E-04	1
28				92416	3,78E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,68E-02	1391
2	2 -- 3		17356	17356	0,00E+00	4,68E-02	1358
3	3 -- 4			17356	3,73E+07	4,66E-02	1257
4	4 -- 5			17356	6,20E+07	4,62E-02	1191
5	5 -- 6			17356	8,68E+07	4,57E-02	1126
6	6 -- 7		58878	76234	9,20E+07	4,56E-02	1112
7	7 -- 8			76234	2,86E+08	4,40E-02	997
8	8 -- 9			76234	3,95E+08	4,27E-02	936
9	9 -- 10			76234	5,04E+08	4,12E-02	876
10	10 -- 11			76234	7,21E+08	3,85E-02	762
11	11 -- 12		55648	131882	8,54E+08	3,67E-02	696
12	12 -- 13			131882	9,99E+08	3,56E-02	657
13	13 -- 14			131882	1,38E+09	3,24E-02	559
14	14 -- 15			131882	1,75E+09	2,95E-02	471
15	15 -- 16			131882	2,13E+09	2,66E-02	391
16	16 -- 17		51566	183448	2,17E+09	2,63E-02	381
17	17 -- 18			183448	2,63E+09	2,37E-02	319
18	18 -- 19		26732	210180	2,91E+09	2,23E-02	284
19	19 -- 20			210180	3,19E+09	2,10E-02	255
20	20 -- 21			210180	3,79E+09	1,82E-02	199
21	21 -- 22			210180	4,39E+09	1,57E-02	151
22	22 -- 23			210180	4,99E+09	1,32E-02	109
23	23 -- 24			210180	5,59E+09	1,08E-02	75
24	24 -- 25			210180	6,19E+09	8,50E-03	47
25	25 -- 26			210180	6,78E+09	6,25E-03	26
26	26 -- 27			210180	7,38E+09	4,08E-03	12
27	27 -- 28			210180	7,98E+09	2,00E-03	3
28				210180	8,58E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,99E-02	609
2	2 -- 3		4514	4514	0,00E+00	1,99E-02	595
3	3 -- 4			4514	9,71E+06	1,99E-02	552
4	4 -- 5			4514	1,61E+07	1,98E-02	524
5	5 -- 6			4514	2,26E+07	1,96E-02	496
6	6 -- 7		28266	32780	2,39E+07	1,96E-02	490
7	7 -- 8			32780	1,08E+08	1,91E-02	440
8	8 -- 9			32780	1,54E+08	1,85E-02	413
9	9 -- 10			32780	2,01E+08	1,80E-02	387
10	10 -- 11			32780	2,94E+08	1,69E-02	338
11	11 -- 12		27152	59932	3,52E+08	1,62E-02	309
12	12 -- 13			59932	4,18E+08	1,57E-02	291
13	13 -- 14			59932	5,88E+08	1,43E-02	248
14	14 -- 15			59932	7,59E+08	1,31E-02	209
15	15 -- 16			59932	9,30E+08	1,18E-02	174
16	16 -- 17		25746	85678	9,51E+08	1,17E-02	170
17	17 -- 18			85678	1,17E+09	1,05E-02	142
18	18 -- 19		7588	93266	1,29E+09	9,92E-03	126
19	19 -- 20			93266	1,42E+09	9,32E-03	113
20	20 -- 21			93266	1,69E+09	8,09E-03	88
21	21 -- 22			93266	1,95E+09	6,98E-03	67
22	22 -- 23			93266	2,22E+09	5,88E-03	49
23	23 -- 24			93266	2,48E+09	4,81E-03	33
24	24 -- 25			93266	2,75E+09	3,78E-03	21
25	25 -- 26			93266	3,01E+09	2,78E-03	12
26	26 -- 27			93266	3,28E+09	1,81E-03	5
27	27 -- 28			93266	3,55E+09	8,87E-04	1
28				93266	3,81E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,78E-03	186
2	2 -- 3				6,49E+06	8,78E-03	180
3	3 -- 4				6,49E+06	8,69E-03	161
4	4 -- 5				6,49E+06	8,64E-03	149
5	5 -- 6				6,49E+06	8,60E-03	136
6	6 -- 7				1,57E+08	8,59E-03	134
7	7 -- 8				1,57E+08	7,25E-03	114
8	8 -- 9				1,57E+08	6,64E-03	104
9	9 -- 10				1,57E+08	6,12E-03	95
10	10 -- 11				1,57E+08	5,43E-03	78
11	11 -- 12				3,07E+08	5,08E-03	69
12	12 -- 13				3,07E+08	4,70E-03	64
13	13 -- 14				3,07E+08	3,87E-03	51
14	14 -- 15				3,07E+08	3,31E-03	41
15	15 -- 16				3,07E+08	2,85E-03	32
16	16 -- 17				4,58E+08	2,80E-03	31
17	17 -- 18				4,58E+08	2,31E-03	25
18	18 -- 19				4,74E+08	2,08E-03	22
19	19 -- 20				4,74E+08	1,87E-03	19
20	20 -- 21				4,74E+08	1,50E-03	14
21	21 -- 22				4,74E+08	1,21E-03	10
22	22 -- 23				4,74E+08	9,57E-04	7
23	23 -- 24				4,74E+08	7,41E-04	5
24	24 -- 25				4,74E+08	5,53E-04	3
25	25 -- 26				4,74E+08	3,88E-04	2
26	26 -- 27				4,74E+08	2,43E-04	1
27	27 -- 28				4,74E+08	1,14E-04	0
28					4,74E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

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

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,35	17,59	27,05
3	3 -- 4	10,80	18,34	65,67
4	4 -- 5	13,98	20,15	92,18
5	5 -- 6	17,34	22,08	119,44
6	6 -- 7	52,16	109,25	384,38
7	7 -- 8	58,68	112,89	585,60
8	8 -- 9	62,58	115,02	703,36
9	9 -- 10	66,66	117,21	868,83
10	10 -- 11	77,36	121,78	1209,40
11	11 -- 12	118,47	205,21	1575,41
12	12 -- 13	123,06	207,09	1802,18
13	13 -- 14	135,57	212,10	2399,53
14	14 -- 15	151,51	217,31	3011,44
15	15 -- 16	168,54	222,68	3638,42
16	16 -- 17	204,79	295,91	3866,82
17	17 -- 18	231,58	300,76	4612,66
18	18 -- 19	251,84	324,62	5082,86
19	19 -- 20	261,89	327,27	5522,89
20	20 -- 21	284,32	332,98	6463,76
21	21 -- 22	310,23	338,74	7420,96
22	22 -- 23	337,46	344,48	8394,55
23	23 -- 24	366,01	350,15	9384,40
24	24 -- 25	395,89	355,66	10390,18
25	25 -- 26	427,09	360,90	11411,28
26	26 -- 27	459,60	365,68	12446,65
27	27 -- 28	493,44	369,66	13494,50
28		565,22	373,67	14553,74

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 8 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 7

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 785	27,05	6,35	40	27,3	835,6	0,03
2	500 / 785	65,67	10,80	123	67,3	1024,9	0,07
3	500 / 785	92,18	13,98	81	94,9	1161,1	0,08
4	500 / 785	119,44	17,34	81	123,6	1305,7	0,10
5	500 / 785	384,38	52,16	17	389,4	1337,2	0,30
6	500 / 785	585,60	58,68	141	598,9	1620,4	0,38
7	500 / 785	703,36	62,58	76	721,4	1790,5	0,41
8	500 / 785	868,83	66,66	73	891,7	1969,1	0,46
9	785 / 999	1209,40	77,36	139	1243,0	2908,9	0,43
10	785 / 999	1575,41	118,47	80	1618,5	3222,0	0,51
11	785 / 999	1802,18	123,06	48	1851,3	3427,0	0,55
12	785 / 999	2399,53	135,57	118	2464,6	3987,6	0,63
13	999 / 1213	3011,44	151,51	107	3092,7	5462,4	0,57
14	999 / 1213	3638,42	168,54	97	3736,0	6233,8	0,61
15	999 / 1213	3866,82	204,79	11	3966,7	6332,0	0,64
16	999 / 1213	4612,66	231,58	75	4730,0	7056,1	0,68
17	1213/ 1355	5082,86	251,84	41	5210,6	8303,6	0,64
18	1213/ 1355	5522,89	261,89	35	5659,8	8769,2	0,65
19	1213/ 1355	6463,76	284,32	67	6619,5	9793,8	0,69
20	1355/ 1925	7420,96	310,23	57	7594,6	11912,0	0,65
21	1355/ 1925	8394,55	337,46	49	8584,7	13161,0	0,66
22	1355/ 1925	9384,40	366,01	41	9589,4	14472,2	0,67
23	1355/ 1925	10390,18	395,89	33	10608,1	15845,8	0,68
24	1355/ 1925	11411,28	427,09	25	11639,9	17281,6	0,68
25	1355/ 1925	12446,65	459,60	17	12683,3	18779,6	0,69
26	1355/ 1925	13494,50	493,44	10	13736,2	20340,0	0,69
27	1355/ 1925	14553,74	565,22	3	14797,4	21962,6	0,69

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,13	0,81	355	355
571	12,0	47,60	0,81	355	355
607	12,0	50,57	0,81	355	355
643	12,0	53,54	0,81	355	355
650	12,0	54,17	0,81	355	355
714	12,0	59,48	0,81	355	355
749	12,0	62,45	0,81	344	355
785	12,0	65,42	0,81	333	355
856	15,0	57,08	0,81	355	355
900	15,0	60,00	0,81	353	355
928	15,0	61,83	0,81	346	355
999	15,0	66,58	0,81	329	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1141	18,0	63,40	0,81	340	355
1150	18,0	63,89	0,81	338	355
1213	18,0	67,36	0,81	326	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1284	20,0	64,19	0,81	337	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1426	22,0	64,83	0,81	335	355
1498	22,0	68,07	0,81	324	355
1569	22,0	71,31	0,81	314	355
1640	22,0	74,55	0,81	305	355
1711	22,0	77,78	0,81	297	355
1783	22,0	81,02	0,81	289	355
1854	22,0	84,26	0,81	282	355
1925	22,0	87,50	0,81	276	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 785	12,02	0,34	355	355	0,03
2	500 / 785	25,74	0,54	355	355	0,07
3	500 / 785	30,86	0,64	355	355	0,09
4	500 / 785	35,60	0,75	355	355	0,10
5	500 / 785	104,61	2,18	355	355	0,30
6	500 / 785	144,10	2,32	355	355	0,41
7	500 / 785	150,25	2,31	355	344	0,43
8	500 / 785	168,49	2,34	355	333	0,48
9	785 / 999	165,53	2,04	355	355	0,47
10	785 / 999	187,56	2,91	355	353	0,54
11	785 / 999	197,73	2,91	355	346	0,57
12	785 / 999	236,34	3,03	355	329	0,67
13	999 / 1213	215,46	2,64	355	355	0,61
14	999 / 1213	227,04	2,74	355	340	0,65
15	999 / 1213	224,13	3,21	355	338	0,64
16	999 / 1213	251,02	3,52	355	326	0,72
17	1213/ 1355	229,77	3,31	355	343	0,66
18	1213/ 1355	242,71	3,39	355	337	0,69
19	1213/ 1355	253,38	3,48	355	325	0,72
20	1355/ 1925	238,36	3,28	355	335	0,68
21	1355/ 1925	243,25	3,39	355	324	0,70
22	1355/ 1925	246,53	3,50	355	314	0,71
23	1355/ 1925	248,55	3,62	355	305	0,71
24	1355/ 1925	249,59	3,74	355	297	0,72
25	1355/ 1925	249,83	3,86	355	289	0,72
26	1355/ 1925	249,40	3,97	355	282	0,72
27	1355/ 1925	248,45	4,38	355	276	0,72

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

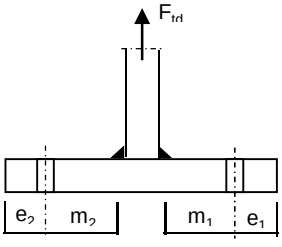
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

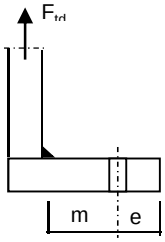
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

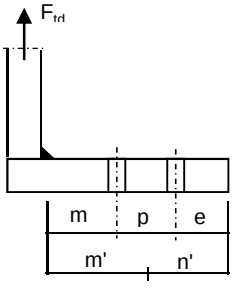
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,4	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1020,00					
1020,00	24	744,05	12,53	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,70

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2085,00	1721,00	73,2	103,0	91,5			193,1
2085,00	1721,00	73,2	105,0	91,5			233,9
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1020,00	1020,0	69,5	60,0	60,0			133,5
1020,00	1020,0	71,5	60,0	60,0			133,5

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	5,82E+07	3180,82	1649,57	1696,90	1649,57	1072,36	0,65
60	7,05E+07	3853,58	1799,07	1696,90	1696,90	1072,36	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
80	7,16E+07	2060,57	1044,32	2121,12	1044,32	744,05	0,71
80	7,16E+07	2002,90	1028,43	2121,12	1028,43	744,05	0,72

Krachten in kN

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1925	0,58	1,213	0,18	3,91

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1350	1,000		1,000			
2	1321	0,979	1 -- 2	0,989	113	416	756,3
3	1233	0,914	2 -- 3	0,946	371		172,6
4	1175	0,871	3 -- 4	0,892	265		185,8
5	1117	0,828	4 -- 5	0,849	280		196,3
6	1105	0,819	5 -- 6	0,823	61	2840	9670,7
7	1003	0,743	6 -- 7	0,781	544		213,2
8	948	0,702	7 -- 8	0,723	325		227,9
9	893	0,662	8 -- 9	0,682	340		238,5
10	788	0,584	9 -- 10	0,623	892		313,0
11	726	0,538	10 -- 11	0,561	585	2840	1957,4
12	689	0,510	11 -- 12	0,524	382		347,5
13	595	0,441	12 -- 13	0,476	1042		365,7
14	508	0,377	13 -- 14	0,409	1329		466,2
15	428	0,317	14 -- 15	0,347	1419		497,8
16	419	0,310	15 -- 16	0,314	180	2840	8631,0
17	354	0,263	16 -- 17	0,286	1328	904	892,8
18	318	0,236	17 -- 18	0,249	919	769	1125,4
19	288	0,213	18 -- 19	0,225	838		620,7
20	228	0,169	19 -- 20	0,191	1869		655,9
21	175	0,130	20 -- 21	0,149	2159		757,6
22	129	0,096	21 -- 22	0,113	2269		796,2
23	90	0,067	22 -- 23	0,081	2379		834,9
24	58	0,043	23 -- 24	0,055	2490		873,5
25	33	0,024	24 -- 25	0,033	2600		912,2
26	15	0,011	25 -- 26	0,017	2710		950,8
27	4	0,003	26 -- 27	0,007	2820		989,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	2930	3051	2098,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1925	570,7	0,030	1,25	1,213	18,6

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 18,6

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,64 / (4 * π * 12,00) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,213 * 3,91 / $15*10^{-6}$ = 3,2E+05

C_{lat} = 0,65

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

Lj / b = 6
Lj = 7,28 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,50 / 19,64 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,054 * 0,130 * 0,33 * 0,647918 = 0,046

$y_{F;max}$ = 1,213 * 0,046 = 0,056 m

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		69114	69114	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			69114	4,84E+07	4,7E-02	967
3	3 -- 4			69114	1,97E+08	4,6E-02	867
4	4 -- 5			69114	2,95E+08	4,4E-02	803
5	5 -- 6			69114	3,94E+08	4,2E-02	742
6	6 -- 7			69114	4,15E+08	4,1E-02	730
7	7 -- 8			69114	5,91E+08	3,7E-02	630
8	8 -- 9			69114	6,89E+08	3,4E-02	579
9	9 -- 10			69114	7,88E+08	3,2E-02	532
10	10 -- 11			69114	9,85E+08	2,8E-02	447
11	11 -- 12			69114	1,11E+09	2,6E-02	400
12	12 -- 13			69114	1,18E+09	2,4E-02	372
13	13 -- 14			69114	1,38E+09	2,1E-02	308
14	14 -- 15			69114	1,58E+09	1,8E-02	253
15	15 -- 16			69114	1,77E+09	1,6E-02	205
16	16 -- 17			69114	1,80E+09	1,5E-02	199
17	17 -- 18			69114	1,97E+09	1,3E-02	163
18	18 -- 19			69114	2,07E+09	1,2E-02	144
19	19 -- 20			69114	2,17E+09	1,1E-02	128
20	20 -- 21			69114	2,36E+09	9,5E-03	99
21	21 -- 22			69114	2,56E+09	8,0E-03	74
22	22 -- 23			69114	2,76E+09	6,6E-03	53
23	23 -- 24			69114	2,95E+09	5,3E-03	36
24	24 -- 25			69114	3,15E+09	4,1E-03	22
25	25 -- 26			69114	3,35E+09	3,0E-03	12
26	26 -- 27			69114	3,55E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			69114	3,74E+09	9,3E-04	1
28	28 -- 29			69114	3,94E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	518	12,0	2353797	21	0,0562	2,3
2	571	12,0	2887106	68	0,0562	7,7
3	607	12,0	3270587	90	0,0562	10,1
4	643	12,0	3677990	107	0,0562	12,0
5	650	12,0	3766807	110	0,0562	12,4
6	714	12,0	4564563	129	0,0562	14,5
7	749	12,0	5043734	137	0,0562	15,4
8	785	12,0	5546827	142	0,0562	16,0
9	856	15,0	8193960	120	0,0562	13,5
10	900	15,0	9075973	122	0,0562	13,7
11	928	15,0	9653464	122	0,0562	13,7
12	999	15,0	11232581	123	0,0562	13,8
13	1070	18,0	15386965	102	0,0562	11,5
14	1141	18,0	17559914	101	0,0562	11,3
15	1150	18,0	17836664	101	0,0562	11,3
16	1213	18,0	19876399	99	0,0562	11,1
17	1250	20,0	23390527	89	0,0562	10,0
18	1284	20,0	24701975	88	0,0562	9,9
19	1355	20,0	27588103	86	0,0562	9,6
20	1426	22,0	33554965	76	0,0562	8,6
21	1498	22,0	37073186	74	0,0562	8,4
22	1569	22,0	40766840	72	0,0562	8,1
23	1640	22,0	44635926	71	0,0562	7,9
24	1711	22,0	48680445	69	0,0562	7,7
25	1783	22,0	52900396	67	0,0562	7,5
26	1854	22,0	57295781	65	0,0562	7,3
27	1925	22,0	61866598	64	0,0562	7,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,58 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,91 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

z_s = 53,3625 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,6 m/s

V_o = 31,6 * 20 / 100 = 6,32 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,89 * [6,93 / 6,30]^2 * \exp[-(6,93 / 6,30)^2]$ = 1,46E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

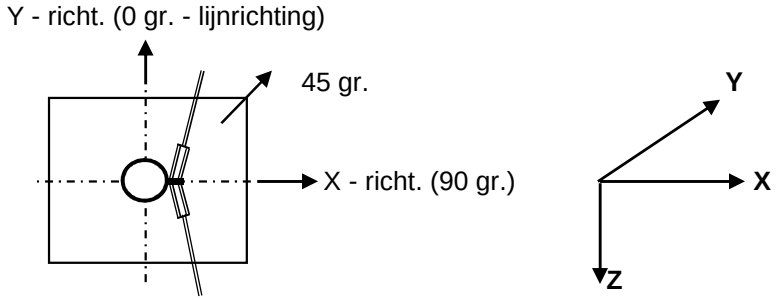
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	9,19	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		12,17					
5	Lasnaad	14,44	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		14,84					
7	Lasnaad	17,45	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		18,42					
9	Lasnaad	19,14	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
10	Lasnaad	16,20	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		16,42					
12	Lasnaad	16,50	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
13	Lasnaad	16,54	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
14	Lasnaad	13,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
15	Lasnaad	13,61	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	13,36	35	19,25	1,000E+10	1,46E+08	0,01
19	Lasnaad	11,82	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
20	Lasnaad	11,55	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
21	Lasnaad	10,28	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
22	Lasnaad	10,02	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
23	Lasnaad	9,77	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
24	Lasnaad	9,52	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
25	Lasnaad	9,27	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
26	Lasnaad	9,03	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
27	Lasnaad	8,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
28	voetplaat	8,58	35	19,25	1,000E+10	1,46E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			449			
2 - Windbelasting mast	98				2707	
3 - Belasting geval 1a	276		116		11847	
4 - Belasting geval 1b	92		116		4255	
5 - Belasting geval 3	210		232		9454	
6 - Belasting geval 4	93		139		4374	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	374		**565**		**14554**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	111		565		4763	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	238		681		10216	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	112		588		4881	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	9979	kNm	14554	kNm	14554	kNm
Dwarskracht	253	kN	374	kN	374	kN
Verticale kracht	471	kN	565	kN	424	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,45	0,63
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	366,16	4,51	28	M 48 - 8,8	848,45	0,43

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 536,2 kN

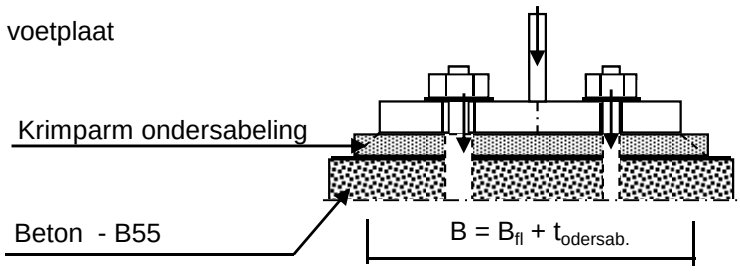
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 366,2 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 556,4 + 1,00 * 366,2 = 922,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

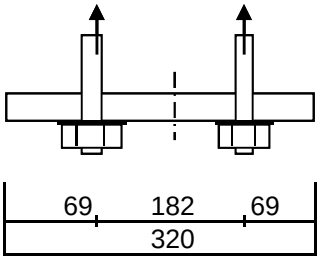
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	1903	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 91812 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

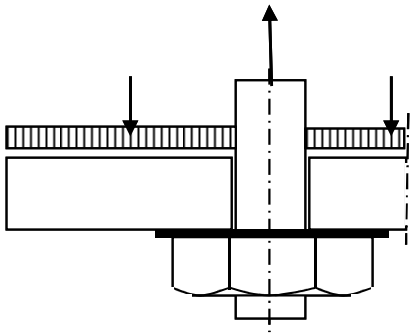


D = 1903 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 320 * $2*\pi*D / n$ = 68325 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 15,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 69 mm
L_{veld} = 182 mm

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

$M_{Ed;st}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 27623 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 37362 / 79875,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 166,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1428 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (166,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 185 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	6513	147783	17045	6513	-147783
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6508	147783	17045	6508	-147783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6502	147783	17045	6502	-147783
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	857	19378	2226	857	-19378
	Comp. gl	4617	1768	40154	4617	1768	-40154
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	169771	17036	7424	-169771
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	169771	17036	7423	-169771
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	7422	169771	17036	7422	-169771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
	Comp. gl	4615	1971	45077	4615	1971	-45077
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	10455	238677	29376	10455	-238677
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10452	238677	29376	10452	-238677
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10449	238677	29376	10449	-238677
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	2664	60775	9244	2664	-60775
	Comp. gl	18676	5363	122498	18676	5363	-122498
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	171693	20053	7508	-171693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171693	20053	7507	-171693
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7506	171693	20053	7506	-171693
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	1094	25008	2978	1094	-25008
	Comp. gl	6122	2243	51307	6122	2243	-51307
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	22543	183132	17051	25846	-195119
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	21159	178348	17050	24178	-188973
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	19411	172571	17049	22068	-181469
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	3719	27068	2227	4308	-29443

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4618	5531	47908	4618	6308	-50647
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10392	171437	17036	10979	-172153
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10146	171172	17036	10683	-171777
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9834	170867	17036	10308	-171344
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1484	22378	2225	1588	-22550
	Comp. gl	4615	2671	45427	4615	2809	-45579
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18822	244963	29378	20489	-247581
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	18123	243983	29377	19647	-246210
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17238	242850	29377	18582	-244618
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5332	62378	9245	5860	-63049
	Comp. gl	18677	8939	123915	18677	9640	-124532
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10461	172975	20053	11041	-173535
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10217	172769	20053	10748	-173241
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9908	172531	20053	10377	-172903
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1611	25273	2978	1713	-25388
	Comp. gl	6122	2938	51534	6122	3074	-51635
1a	380C1F1 / 380C2F1	17059	43378	264457	17059	43378	-264457
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17058	40254	251855	17058	40254	-251855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17056	36280	235871	17056	36280	-235871
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7398	42270	2228	7398	-42270
	Comp. gl	4620	10456	67128	4620	10456	-67128
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	14120	177780	17037	14120	-177780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13553	176563	17037	13553	-176563
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12838	175146	17036	12838	-175146
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2151	23864	2225	2151	-23864
	Comp. gl	4615	3546	46782	4615	3546	-46782
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	29439	267163	29382	29439	-267163
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	27824	263059	29381	27824	-263059
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29380	25783	258193	29380	25783	-258193
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8678	68065	9247	8678	-68065
	Comp. gl	18679	13366	129367	18679	13366	-129367
4	380C1F1 / 380C2F1	20054	14133	177989	20054	14133	-177989

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13576	177019	20053	13576	-177019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12873	175893	20053	12873	-175893
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2257	26289	2978	2257	-26289
	Comp. gl	6122	3794	52450	6122	3794	-52450
1a	380C1F1 / 380C2F1	17051	25846	195119	17049	22543	-183132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	24178	188973	17049	21159	-178348
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17049	22068	181469	17048	19411	-172571
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	4308	29443	2227	3719	-27068
	Comp. gl	4618	6308	50647	4618	5531	-47908
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10979	172153	17036	10392	-171437
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10683	171777	17036	10146	-171172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10308	171344	17036	9834	-170867
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1588	22550	2225	1484	-22378
	Comp. gl	4615	2809	45579	4615	2671	-45427
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20489	247581	29377	18822	-244963
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19647	246210	29377	18123	-243983
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	18582	244618	29377	17238	-242850
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5860	63049	9245	5332	-62378
0	Comp. gl	18677	9640	124532	18677	8939	-123915
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	11041	173535	20053	10461	-172975
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10748	173241	20053	10217	-172769
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10377	172903	20053	9908	-172531
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1713	25388	2978	1611	-25273
	Comp. gl	6122	3074	51635	6122	2938	-51534
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5163	116856	12781	5163	-116856
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5158	116856	12781	5158	-116856
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5152	116856	12781	5152	-116856
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	675	15226	1669	675	-15226
	Comp. gl	3462	1394	31599	3462	1394	-31599
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	137241	12774	6004	-137241
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	137241	12774	6003	-137241
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	6002	137241	12774	6002	-137241

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9299	212205	25109	9299	-212205
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9296	212205	25109	9296	-212205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9293	212206	25109	9293	-212206
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2547	58077	8685	2547	-58077
	Comp. gl	17518	5120	116923	17518	5120	-116923
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6214	142035	15788	6214	-142035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6211	142035	15788	6211	-142035
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	926	21162	2421	926	-21162
	Comp. gl	4966	1897	43378	4966	1897	-43378
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	21663	163009	12786	25064	-177259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	20233	157183	12786	23347	-170010
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	18424	150020	12785	21172	-160994
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	3622	24855	1670	4224	-27536
	Comp. gl	3463	5267	41858	3463	6069	-45189
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9007	139715	12774	9607	-140754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8755	139328	12774	9304	-140209
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8437	138881	12774	8920	-139579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1300	18170	1668	1408	-18414
	Comp. gl	3461	2285	36591	3461	2426	-36811
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17728	219938	25111	19418	-223104
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	17020	218747	25110	18564	-221449
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16124	217365	25110	17485	-219519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5220	59821	8686	5750	-60546
	Comp. gl	17518	8701	118475	17519	9404	-119147

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9188	143816	15788	9776	-144577
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8940	143533	15788	9479	-144177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8627	143207	15788	9103	-143716
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1447	21512	2421	1550	-21660
	Comp. gl	4966	2595	43682	4966	2732	-43815
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	42929	254216	12793	42929	-254216
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39763	240668	12792	39763	-240668
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12791	35728	223269	12791	35728	-223269
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7354	41259	1671	7354	-41259
	Comp. gl	3465	10311	63835	3465	10311	-63835
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12849	148701	12775	12849	-148701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12262	147011	12775	12262	-147011
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12775	11521	145023	12775	11521	-145023
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1991	20212	1669	1991	-20212
	Comp. gl	3461	3185	38518	3461	3185	-38518
3	380C1F1 / 380C2F1	25115	28522	246207	25115	28522	-246207
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26877	241439	25114	26877	-241439
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25113	24801	235739	25113	24801	-235739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8689	8583	65910	8689	8583	-65910
	Comp. gl	17521	13148	124374	17521	13148	-124374
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12933	150536	15789	12933	-150536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12363	149251	15789	12363	-149251
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11643	147752	15788	11643	-147752
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2105	22810	2421	2105	-22810
	Comp. gl	4966	3463	44876	4966	3463	-44876
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	25064	177259	12785	21663	-163009
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23347	170010	12785	20233	-157183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12785	21172	160994	12784	18424	-150020
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4224	27536	1670	3622	-24855
	Comp. gl	3463	6069	45189	3463	5267	-41858
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9607	140754	12774	9007	-139715
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9304	140209	12774	8755	-139328

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8920	139579	12774	8437	-138881
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1408	18414	1668	1300	-18170
	Comp. gl	3461	2426	36811	3461	2285	-36591
3	380C1F1 / 380C2F1	25111	19418	223104	25110	17728	-219938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18564	221449	25110	17020	-218747
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	17485	219519	25110	16124	-217365
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5750	60546	8686	5220	-59821
	Comp. gl	17519	9404	119147	17518	8701	-118475
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9776	144577	15788	9188	-143816
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9479	144177	15788	8940	-143533
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	9103	143716	15788	8627	-143207
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1550	21660	2421	1447	-21512
	Comp. gl	4966	2732	43815	4966	2595	-43682

Appendixe

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8523	194794	22419	8523	-194794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
	Comp. gl	13213	4160	95055	13213	4160	-95055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6341	145038	16206	6341	-145038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	16175	148395	14205	18358	-155965
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15262	145430	14205	17254	-152061
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	14111	141896	14204	15861	-147361
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2622	21312	1855	3013	-22871
	Comp. gl	3848	3998	39053	3848	4509	-40744
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8459	149353	14194	8847	-149759
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8296	149203	14194	8651	-149545
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8089	149031	14194	8403	-149300
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1181	19311	1854	1250	-19409

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	Comp. gl	3845	2177	39356	3845	2268	-39441
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14095	198786	22419	15203	-200465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13630	198160	22419	14643	-199585
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13042	197437	22419	13936	-198566
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3843	48220	6531	4196	-48696
	Comp. gl	13213	6545	96055	13214	7013	-96490
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8304	145779	16206	8688	-146105
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8142	145658	16206	8494	-145934
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7937	145520	16206	8248	-145736
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1249	20855	2356	1316	-20924
	Comp. gl	4850	2322	42686	4850	2412	-42746
1a	380C1F1 / 380C2F1	14210	30056	202579	14210	30056	-202579
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27960	193836	14209	27960	-193836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14208	25300	182892	14208	25300	-182892
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	5088	31783	1856	5088	-31783
	Comp. gl	3849	7266	51574	3849	7266	-51574
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10918	152991	14195	10918	-152991
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10544	152286	14195	10544	-152286
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	10073	151469	14195	10073	-151469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1620	20172	1854	1620	-20172
	Comp. gl	3846	2754	40126	3846	2754	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	22422	21156	213242	22422	21156	-213242
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20080	210534	22421	20080	-210534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22421	18723	207344	22421	18723	-207344
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	6084	52276	6532	6084	-52276
	Comp. gl	13215	9504	99911	13215	9504	-99911
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10734	148732	16207	10734	-148732
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10366	148156	16207	10366	-148156
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9901	147491	16207	9901	-147491
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1677	21471	2356	1677	-21471
	Comp. gl	4850	2890	43235	4850	2890	-43235
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	18358	155965	14204	16175	-148395

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14205	17254	152061	14204	15262	-145430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	15861	147361	14203	14111	-141896
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	3013	22871	1855	2622	-21312
	Comp. gl	3848	4509	40744	3848	3998	-39053
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8847	149759	14194	8459	-149353
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8651	149545	14194	8296	-149203
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8403	149300	14194	8089	-149031
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1250	19409	1854	1181	-19311
	Comp. gl	3845	2268	39441	3845	2177	-39356
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	15203	200465	22419	14095	-198786
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14643	199585	22419	13630	-198160
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13936	198566	22419	13042	-197437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4196	48696	6530	3843	-48220
	Comp. gl	13214	7013	96490	13213	6545	-96055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8688	146105	16206	8304	-145779
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8494	145934	16206	8142	-145658
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8248	145736	16206	7937	-145520
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1316	20924	2356	1249	-20855
	Comp. gl	4850	2412	42746	4850	2322	-42686

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E350(+5)"

Mast 1 en 6

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

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

Inhoudsopgave.

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

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

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

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

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

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

1.3 – Randvoorwaarden.

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

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

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

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

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

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E350(+5)”

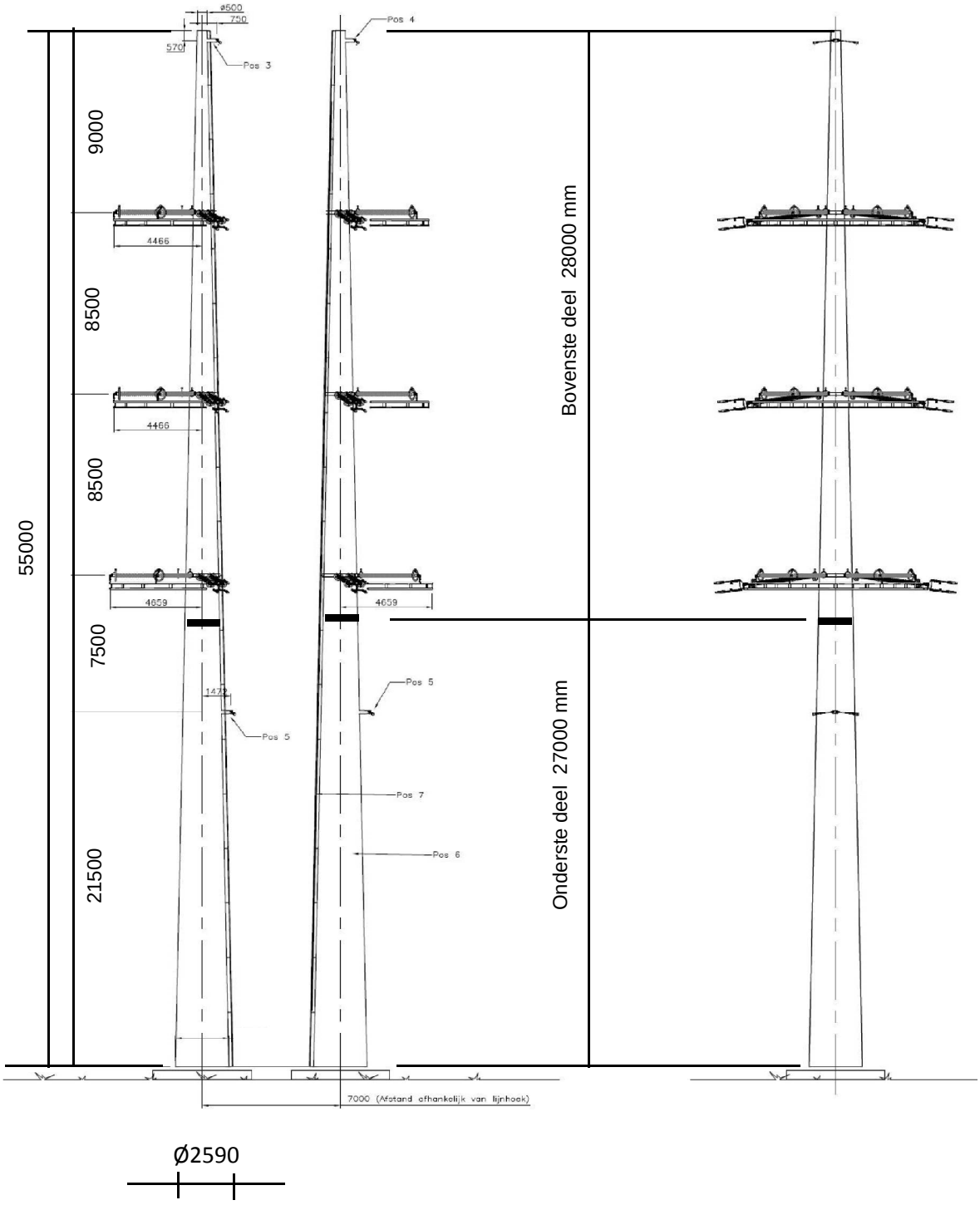
Berekening

W2E350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 1 en 6

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

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

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

Profielgegevens

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

2.3 - Computerschema

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

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

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

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

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

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

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

Meewerkende massa

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

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

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

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

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

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

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

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

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

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

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

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

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

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

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

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

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	661				
2	2 -- 3	706	28055	20547	49053	21620
3	3 -- 4	786				
4	4 -- 5	871				
5	5 -- 6	918				
6	6 -- 7	958	181778	157387	206114	149485
7	7 -- 8	1009				
8	8 -- 9	1046				
9	9 -- 10	1100				
10	10 -- 11	1138				
11	11 -- 12	1171	175946	156977	204493	149152
12	12 -- 13	1227				
13	13 -- 14	1281				
14	14 -- 15	1308				
15	15 -- 16	1326	168968	156514	202642	148774
16	16 -- 17	1350				
17	17 -- 18	1366				
18	18 -- 19	1362				
19	19 -- 20	1392				
20	20 -- 21	1404	47820	41218	95374	43841
21	21 -- 22	1408				
22	22 -- 23	1395				
23	23 -- 24	1358				
24	24 -- 25	1289				
25	25 -- 26	1168				
26	26 -- 27	991				
27	27 -- 28	1027				
28						

KEMA rapport - bijlage F2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

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

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

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

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

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

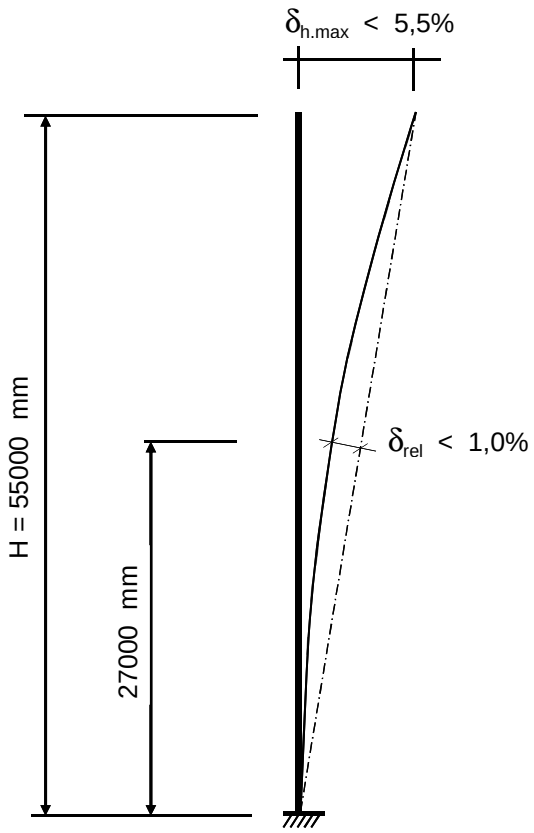
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

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

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1514 mm ----> δ_h *100 / 55000

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

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

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

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

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

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

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

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

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

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

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

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

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

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

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

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

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

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

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

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

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,22	63,35	6,20
3	3 -- 4	17,28	64,08	151,47
4	4 -- 5	27,57	65,08	335,52
5	5 -- 6	39,51	66,20	522,60
6	6 -- 7	69,08	320,11	552,44
7	7 -- 8	81,84	321,15	1321,95
8	8 -- 9	90,02	321,79	1780,04
9	9 -- 10	98,67	322,47	2239,08
10	10 -- 11	117,32	323,88	3160,11
11	11 -- 12	147,94	575,33	3289,70
12	12 -- 13	165,66	576,62	4700,84
13	13 -- 14	187,97	578,19	6346,44
14	14 -- 15	214,44	579,83	7996,63
15	15 -- 16	246,22	828,45	8199,61
16	16 -- 17	276,62	829,64	9857,70
17	17 -- 18	290,90	830,48	10999,03
18	18 -- 19	305,66	831,32	12141,51
19	19 -- 20	322,62	832,16	13285,16
20	20 -- 21	356,72	955,27	14464,05
21	21 -- 22	393,84	957,00	17093,42
22	22 -- 23	433,09	958,75	19727,58
23	23 -- 24	474,47	960,47	22366,50
24	24 -- 25	517,97	962,15	25010,11
25	25 -- 26	563,59	963,75	27658,23
26	26 -- 27	611,35	965,19	30310,52
27	27 -- 28	656,60	966,31	32724,90
28		738,54	967,46	35142,11

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

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

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

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

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

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

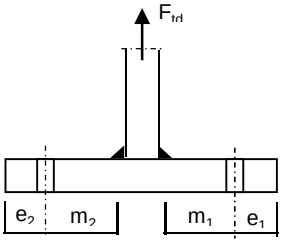
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

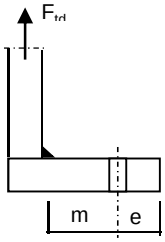
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

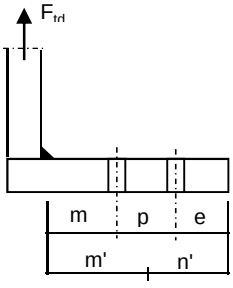
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

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

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

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

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

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

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

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

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

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

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

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

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

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 11,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

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

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

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

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

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

Wissel spanning

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

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

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

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

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

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

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

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

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

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

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

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

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

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

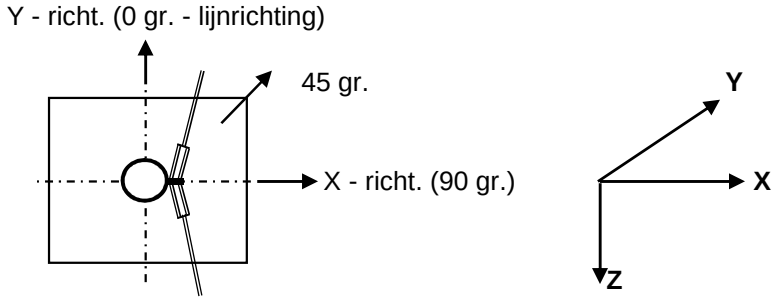
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

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

7.0 - Fundatie belastingen

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



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

Samenvatting Fundatiebelastingen

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

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

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

Maximale trekkracht in de anker :

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

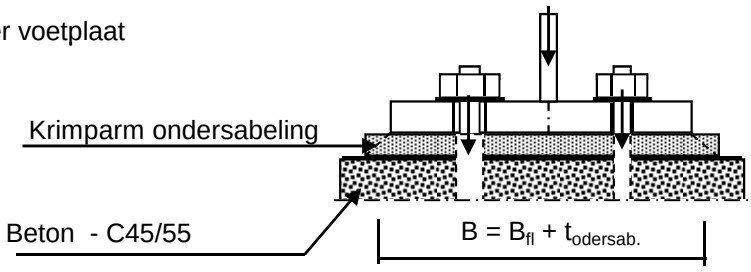
Maximale voorspanning in de anker :

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

Maximale drukkrackt :

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

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

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

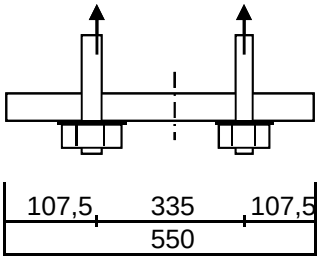
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

B = 615,0 mm

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

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

B - drukspanning onder instortring

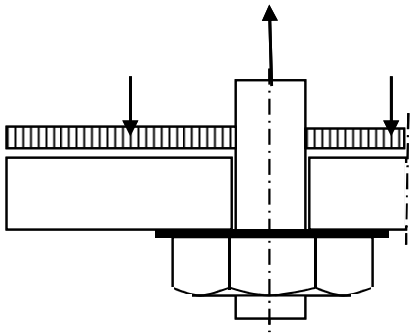


D = 2565 mm
n = 88

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

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

Dikte instortring



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

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

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

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

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

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

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

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

vergelijkingsspanning :

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

Bijlage A

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

VolkerWessels Telecom Netwerk Sotutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E400(+O)"

Mast 5

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

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

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2E400(+0)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage L en L2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E400(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

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

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

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

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E400(+0)”

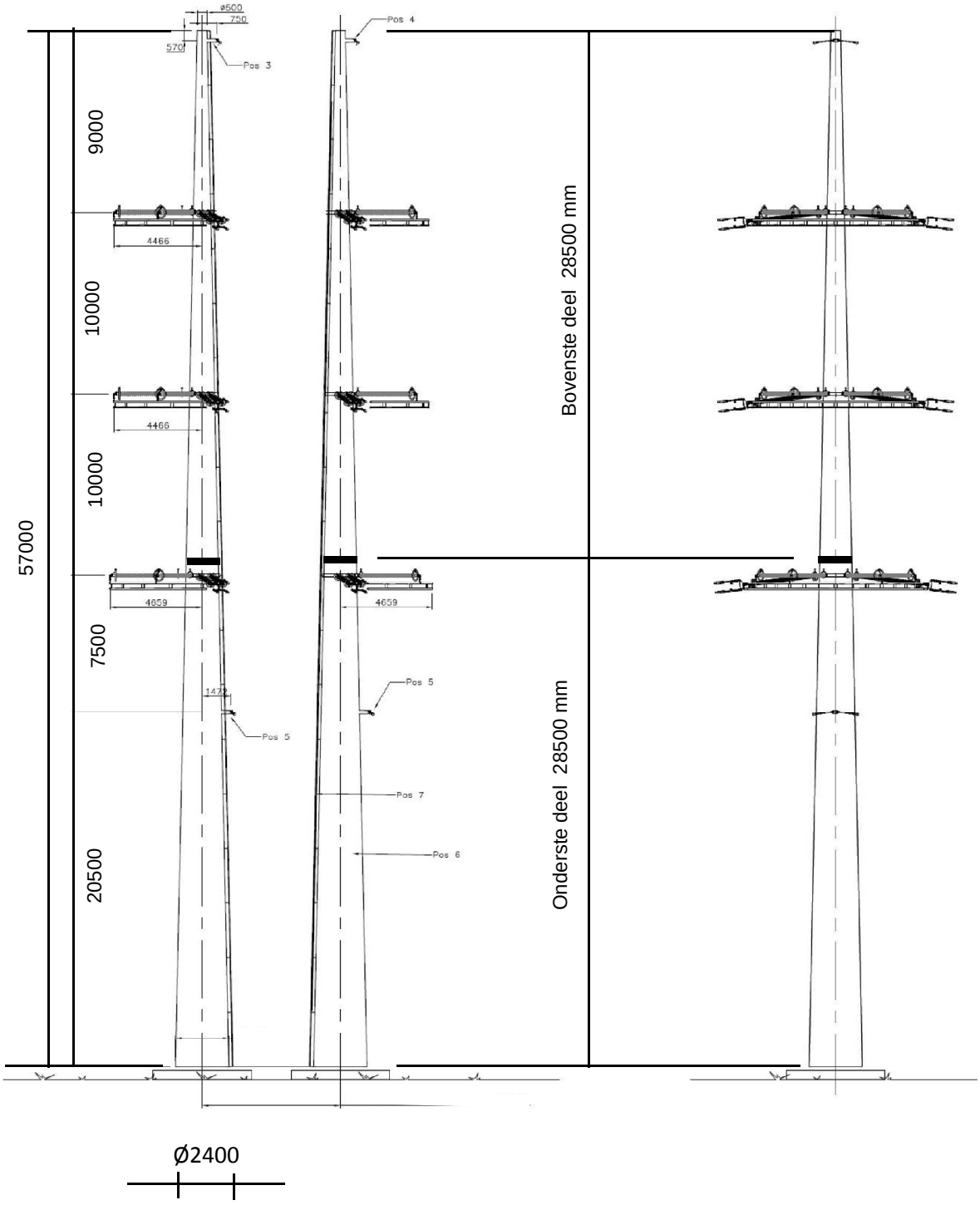
Berekening

W2E400+0

57,0 m - 2400 - 500

Mast 5

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	56,72
2	2280	595	519	n.v.t.	2	1	55,29
3	2850	690	595	n.v.t.	2	1	52,73
4	2850	785	690	n.v.t.	2	1	49,88
5	450	800	785	n.v.t.	2	1	48,23
6	2400	880	800	n.v.t.	2	1	46,80
7	1425	928	880	n.v.t.	2	1	44,89
8	1425	975	928	n.v.t.	2	1	43,46
9	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
10	1900	1133	1070	n.v.t.	2	1	38,95
11	950	1165	1133	n.v.t.	2	1	37,53
12	2850	1260	1165	n.v.t.	2	1	35,63
13	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
14	1425	1403	1355	n.v.t.	2	1	30,64
15	1425	1450	1403	n.v.t.	2	1	29,21
16	500	1467	1450	n.v.t.	2	1	28,25
17	2350	1545	1467	n.v.t.	2	1	26,83
18	2850	1640	1467	n.v.t.	2	1	24,23
19	2300	1717	1640	n.v.t.	2	1	21,65
20	550	1735	1717	n.v.t.	2	1	20,23
21	2850	1830	1735	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1925	1830	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2020	1925	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2115	2020	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2210	2115	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2305	2210	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2305	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	557	18,0	30480	239,27	1,11E+09	190,67	3,98E+06
3	643	18,0	35315	277,22	1,72E+09	220,89	5,36E+06
4	738	18,0	40687	319,39	2,63E+09	254,46	7,14E+06
5	793	20,0	48538	381,02	3,62E+09	273,21	9,14E+06
6	840	20,0	51522	404,45	4,33E+09	290,00	1,03E+07
7	904	20,0	55528	435,89	5,42E+09	312,53	1,20E+07
8	951	20,0	58512	459,32	6,35E+09	329,32	1,33E+07
9	1023	20,0	62989	494,46	7,92E+09	354,51	1,55E+07
10	1102	22,0	74621	585,78	1,09E+10	381,80	1,97E+07
11	1149	22,0	77904	611,55	1,24E+10	398,59	2,15E+07
12	1213	22,0	82281	645,91	1,46E+10	420,98	2,41E+07
13	1308	22,0	88847	697,45	1,84E+10	454,56	2,81E+07
14	1379	25,0	106323	834,64	2,44E+10	478,70	3,53E+07
15	1426	25,0	110054	863,92	2,70E+10	495,50	3,79E+07
16	1458	25,0	112574	883,70	2,89E+10	506,84	3,97E+07
17	1506	25,0	116304	912,99	3,19E+10	523,63	4,24E+07
18	1553	28,0	134175	1053,28	3,90E+10	539,38	5,03E+07
19	1678	28,0	145171	1139,59	4,94E+10	583,56	5,89E+07
20	1726	28,0	149349	1172,39	5,38E+10	600,36	6,24E+07
21	1783	28,0	154334	1211,52	5,94E+10	620,39	6,66E+07
22	1878	30,0	174123	1366,86	7,43E+10	653,28	7,92E+07
23	1973	30,0	183076	1437,15	8,64E+10	686,86	8,76E+07
24	2068	30,0	192030	1507,43	9,97E+10	720,44	9,64E+07
25	2163	30,0	200983	1577,72	1,14E+11	754,03	1,06E+08
26	2258	30,0	209937	1648,00	1,30E+11	787,61	1,15E+08
27	2353	30,0	218890	1718,29	1,48E+11	821,20	1,25E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	3,05E+04	1,11E+09
3	54150	3 -- 4	3	2850	3,53E+04	1,72E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	4,07E+04	2,63E+09
5	48450	5 -- 6	5	450	4,85E+04	3,62E+09
6	48000	6 -- 7	6	2400	5,15E+04	4,33E+09
7	45600	7 -- 8	7	1425	5,55E+04	5,42E+09
8	44175	8 -- 9	8	1425	5,85E+04	6,35E+09
9	42750	9 -- 10	9	2850	6,30E+04	7,92E+09
10	39900	10 -- 11	10	1900	7,46E+04	1,09E+10
11	38000	11 -- 12	11	950	7,79E+04	1,24E+10
12	37050	12 -- 13	12	2850	8,23E+04	1,46E+10
13	34200	13 -- 14	13	2850	8,88E+04	1,84E+10
14	31350	14 -- 15	14	1425	1,06E+05	2,44E+10
15	29925	15 -- 16	15	1425	1,10E+05	2,70E+10
16	28500	16 -- 17	16	500	1,13E+05	2,89E+10
17	28000	17 -- 18	17	2350	1,16E+05	3,19E+10
18	25650	18 -- 19	18	2850	1,34E+05	3,90E+10
19	22800	19 -- 20	19	2300	1,45E+05	4,94E+10
20	20500	20 -- 21	20	550	1,49E+05	5,38E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	1,54E+05	5,94E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,74E+05	7,43E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,83E+05	8,64E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,92E+05	9,97E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,01E+05	1,14E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,10E+05	1,30E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,19E+05	1,48E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,72	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,29	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
3	52,73	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
4	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
5	48,23	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
6	46,80	0,21	1,14	30,84	0,18	1357
7	44,89	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
8	43,46	0,21	1,13	30,42	0,19	1331
9	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
10	38,95	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
11	37,53	0,21	1,10	29,59	0,19	1279
12	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
13	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
14	30,64	0,21	1,05	28,44	0,20	1209
15	29,21	0,21	1,04	28,17	0,20	1193
16	28,25	0,21	1,04	27,98	0,20	1182
17	26,83	0,21	1,03	27,69	0,20	1164
18	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
19	21,65	0,21	0,98	26,48	0,21	1093
20	20,23	0,21	0,97	26,10	0,22	1071
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	300	0,30	0,00	1,79E-02	594,52
2	2 -- 3	5797	2005	3,63	0,55	1,79E-02	584,31
3	3 -- 4	8328		9,43	15,44	1,78E-02	543,51
4	4 -- 5	9530		17,76	54,19	1,76E-02	492,95
5	5 -- 6	1782		27,29	118,39	1,72E-02	443,36
6	6 -- 7	10067	15500	44,57	131,07	1,71E-02	435,66
7	7 -- 8	6425		54,64	250,12	1,66E-02	395,20
8	8 -- 9	6759		61,06	332,56	1,62E-02	371,82
9	9 -- 10	14520		67,82	424,39	1,58E-02	348,98
10	10 -- 11	11415		82,34	638,38	1,49E-02	305,11
11	11 -- 12	5952	15961	109,72	805,67	1,43E-02	277,33
12	12 -- 13	18836		115,67	912,73	1,40E-02	263,88
13	13 -- 14	20305		134,51	1269,23	1,30E-02	225,34
14	14 -- 15	12107		154,81	1681,51	1,19E-02	189,81
15	15 -- 16	12525		166,92	1910,74	1,14E-02	173,20
16	16 -- 17	4494	15261	194,70	2157,53	1,09E-02	157,31
17	17 -- 18	21808	16421	215,62	2256,00	1,07E-02	151,91
18	18 -- 19	30446		237,43	2788,33	9,82E-03	127,75
19	19 -- 20	26556		267,87	3508,38	8,73E-03	101,25
20	20 -- 21	6531	3847	298,27	4155,02	7,88E-03	82,12
21	21 -- 22	34956		304,80	4320,87	7,68E-03	77,84
22	22 -- 23	39383		339,76	5239,37	6,59E-03	57,46
23	23 -- 24	41386		379,14	6263,81	5,54E-03	40,13
24	24 -- 25	43389		420,53	7403,35	4,47E-03	25,83
25	25 -- 26	45393		463,92	8663,69	3,37E-03	14,62
26	26 -- 27	47396		509,31	10050,54	2,26E-03	6,55
27	27 -- 28	49399		556,71	11569,62	1,14E-03	1,66
28			49096	655,20	13226,63	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	30,0	0,595	943,48	56,778
2	2 -- 3	579,7	200,5	0,584	4356,26	252,801
3	3 -- 4	832,8		0,544	4233,96	223,666
4	4 -- 5	953,0		0,493	4376,82	208,872
5	5 -- 6	178,2		0,443	768,37	34,425
6	6 -- 7	1006,7	1550,0	0,436	10727,10	467,928
7	7 -- 8	642,5		0,395	2417,31	94,502
8	8 -- 9	675,9		0,372	2389,68	87,792
9	9 -- 10	1452,0		0,349	4658,36	155,300
10	10 -- 11	1141,5		0,305	3261,01	96,805
11	11 -- 12	595,2	1596,1	0,277	5922,22	166,336
12	12 -- 13	1883,6		0,264	4519,90	112,702
13	13 -- 14	2030,5		0,225	4134,73	87,490
14	14 -- 15	1210,7		0,190	2155,79	39,887
15	15 -- 16	1252,5		0,173	2030,46	34,205
16	16 -- 17	449,4	1526,1	0,157	3036,63	48,508
17	17 -- 18	2180,8	1642,1	0,152	5438,67	80,537
18	18 -- 19	3044,6		0,128	3419,89	39,917
19	19 -- 20	2655,6		0,101	2388,47	22,323
20	20 -- 21	653,1	384,7	0,082	822,27	6,771
21	21 -- 22	3495,6		0,078	2319,75	15,996
22	22 -- 23	3938,3		0,057	1885,23	9,377
23	23 -- 24	4138,6		0,040	1339,13	4,503
24	24 -- 25	4338,9		0,026	860,94	1,775
25	25 -- 26	4539,3		0,015	471,25	0,508
26	26 -- 27	4739,6		0,007	190,74	0,080
27	27 -- 28	4939,9		0,002	40,20	0,003
28			4909,6	0,000	0,00	0,000
				Som	79109	2350

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

$n_{1,x}$	=	0,92	Hz

Meewerkende massa

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

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

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	638	0,991	0,570	0,56	357,19	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,57	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,81	2,48
4 -- 5	334	0,787	2,850	1,77	590,95	2,24
5 -- 6	3841	0,739	0,450	0,25	944,53	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,54	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,37	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,39	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,38	1,57
10 -- 11	1441	0,490	1,900	0,46	656,85	0,93
11 -- 12	627	0,455	0,950	0,20	123,31	0,43
12 -- 13	661	0,411	2,850	0,48	318,86	1,17
13 -- 14	712	0,349	2,850	0,35	247,53	1,00
14 -- 15	850	0,305	1,425	0,13	112,85	0,44
15 -- 16	1950	0,278	1,425	0,11	214,69	0,40
16 -- 17	4183	0,260	0,500	0,03	141,45	0,13
17 -- 18	928	0,235	2,350	0,13	120,64	0,55
18 -- 19	1068	0,193	2,850	0,11	112,94	0,55
19 -- 20	1322	0,154	2,300	0,05	72,31	0,35
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,82	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,26	0,32
22 -- 23	1382	0,082	2,850	0,02	26,53	0,23
23 -- 24	1452	0,055	2,850	0,01	12,74	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,02	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,44	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,07	6718,21	19,73

m_e = 6718,2 / 12,1 = 556,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,92	Hz
b =	1,45	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,061	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,073	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,35	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,53	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,83	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,15	
R^2 =	0,73	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,72	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,65

$c_s c_d$ =	**1,09**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_T

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_T
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,81	0,63
2	31,8	1,18E+06	0,77	0,81	0,62
3	31,5	1,35E+06	0,77	0,81	0,62
4	31,2	1,53E+06	0,77	0,81	0,62
5	31,0	1,64E+06	0,77	0,81	0,62
6	30,8	1,73E+06	0,77	0,81	0,62
7	30,6	1,84E+06	0,77	0,81	0,62
8	30,4	1,93E+06	0,77	0,81	0,62
9	30,1	2,05E+06	0,77	0,81	0,62
10	29,8	2,19E+06	0,77	0,81	0,62
11	29,6	2,27E+06	0,77	0,81	0,62
12	29,3	2,37E+06	0,76	0,81	0,62
13	28,8	2,51E+06	0,76	0,81	0,62
14	28,4	2,61E+06	0,76	0,81	0,62
15	28,2	2,68E+06	0,76	0,81	0,62
16	28,0	2,72E+06	0,76	0,81	0,62
17	27,7	2,78E+06	0,76	0,81	0,62
18	27,1	2,81E+06	0,76	0,81	0,61
19	26,5	2,96E+06	0,76	0,81	0,61
20	26,1	3,00E+06	0,76	0,81	0,61
21	25,6	3,04E+06	0,76	0,81	0,61
22	24,7	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
23	23,5	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
24	22,1	3,05E+06	0,75	0,81	0,60
25	20,2	2,91E+06	0,74	0,81	0,60
26	17,3	2,61E+06	0,73	0,81	0,59
27	16,9	2,66E+06	0,73	0,81	0,59

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - L en L2		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	48,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	38,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	28,00	0,000
Passieve run	20,50	1,358

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,182	0,068	388	0,681
2	5455	342	5797	0,794	0,274	1646	0,722
3	7901	428	8328	1,143	0,342	2262	0,794
4	9103	428	9530	1,310	0,342	2480	0,870
5	1715	68	1782	0,222	0,054	411	0,913
6	9707	360	10067	1,254	0,288	2277	0,949
7	6211	214	6425	0,800	0,171	1419	0,996
8	6545	214	6759	0,842	0,171	1467	1,029
9	14092	428	14520	1,808	0,342	3071	1,078
10	11130	285	11415	1,297	0,228	2144	1,128
11	5810	143	5952	0,676	0,114	1099	1,157
12	18408	428	18836	2,137	0,342	3402	1,194
13	19877	428	20305	2,301	0,342	3544	1,243
14	11894	214	12107	1,212	0,171	1819	1,277
15	12311	214	12525	1,252	0,171	1848	1,297
16	4419	75	4494	0,449	0,060	654	1,309
17	21455	353	21808	2,177	0,282	3115	1,326
18	30018	428	30446	2,719	0,342	3764	1,321
19	26211	345	26556	2,365	0,276	3142	1,366
20	6448	83	6531	0,581	0,066	754	1,371
21	34528	428	34956	3,104	0,342	3909	1,372
22	38956	428	39383	3,259	0,342	3877	1,360
23	40959	428	41386	3,409	0,342	3786	1,328
24	42962	428	43389	3,554	0,342	3611	1,267
25	44965	428	45393	3,688	0,342	3308	1,161
26	46968	428	47396	3,795	0,342	2770	0,972
27	48971	428	49399	3,947	0,342	2791	0,979
	528262	8550	536812	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	64757

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	360	360	360	360
2	2 -- 3	3051	2406	2405	9424	3158
3	3 -- 4	3507				
4	4 -- 5	4013				
5	5 -- 6	4752				
6	6 -- 7	5033	18604	18594	30934	21611
7	7 -- 8	5411				
8	8 -- 9	5692				
9	9 -- 10	6114				
10	10 -- 11	7209				
11	11 -- 12	7519	19155	19146	31486	22163
12	12 -- 13	7931				
13	13 -- 14	8549				
14	14 -- 15	10196				
15	15 -- 16	10547				
16	16 -- 17	10784	18313	18313	18313	18313
17	17 -- 18	11136	19708	19699	32039	22716
18	18 -- 19	12819				
19	19 -- 20	13855				
20	20 -- 21	14249	4617	4615	18676	6122
21	21 -- 22	14718				
22	22 -- 23	16582				
23	23 -- 24	17426				
24	24 -- 25	18269				
25	25 -- 26	19113				
26	26 -- 27	19956				
27	27 -- 28	20799				
28			58915	58915	58915	58915

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	681				
2	2 -- 3	722	28576	19882	50967	21278
3	3 -- 4	794				
4	4 -- 5	870				
5	5 -- 6	913				
6	6 -- 7	949	182742	151666	207653	147712
7	7 -- 8	996				
8	8 -- 9	1029				
9	9 -- 10	1078				
10	10 -- 11	1128				
11	11 -- 12	1157	175071	151136	205550	147277
12	12 -- 13	1194				
13	13 -- 14	1243				
14	14 -- 15	1277				
15	15 -- 16	1297				
16	16 -- 17	1309				
17	17 -- 18	1326	165217	150503	203011	146759
18	18 -- 19	1321				
19	19 -- 20	1366				
20	20 -- 21	1371	45646	39776	98129	43009
21	21 -- 22	1372				
22	22 -- 23	1360				
23	23 -- 24	1328				
24	24 -- 25	1267				
25	25 -- 26	1161				
26	26 -- 27	972				
27	27 -- 28	979				
28						

KEMA rapport - bijlage L2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

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

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

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1089				
2	2 -- 3	1155	37809	23355	66280	25962
3	3 -- 4	1270				
4	4 -- 5	1392				
5	5 -- 6	1461				
6	6 -- 7	1518	235849	175380	258657	176175
7	7 -- 8	1593				
8	8 -- 9	1647				
9	9 -- 10	1724				
10	10 -- 11	1805				
11	11 -- 12	1852	224419	174456	255422	175439
12	12 -- 13	1910				
13	13 -- 14	1990				
14	14 -- 15	2043				
15	15 -- 16	2074				
16	16 -- 17	2094				
17	17 -- 18	2121	209481	173351	251491	174559
18	18 -- 19	2113				
19	19 -- 20	2186				
20	20 -- 21	2193	58310	46141	126880	52051
21	21 -- 22	2195				
22	22 -- 23	2177				
23	23 -- 24	2125				
24	24 -- 25	2027				
25	25 -- 26	1857				
26	26 -- 27	1555				
27	27 -- 28	1567				
28						

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	388		0	0,00E+00	3,00E-03	93
2	2 -- 3	1646		388	1,17E+05	3,00E-03	92
3	3 -- 4	2262		2034	2,94E+06	2,98E-03	85
4	4 -- 5	2480		4295	1,21E+07	2,93E-03	76
5	5 -- 6	411		6775	2,81E+07	2,83E-03	68
6	6 -- 7	2277		7186	3,13E+07	2,81E-03	67
7	7 -- 8	1419		9463	5,16E+07	2,70E-03	60
8	8 -- 9	1467		10882	6,64E+07	2,63E-03	56
9	9 -- 10	3071		12348	8,32E+07	2,55E-03	53
10	10 -- 11	2144		15419	1,23E+08	2,38E-03	46
11	11 -- 12	1099		17563	1,55E+08	2,26E-03	41
12	12 -- 13	3402		18663	1,73E+08	2,20E-03	39
13	13 -- 14	3544		22065	2,31E+08	2,01E-03	33
14	14 -- 15	1819		25608	3,00E+08	1,82E-03	28
15	15 -- 16	1848		27428	3,38E+08	1,73E-03	25
16	16 -- 17	654		29275	3,79E+08	1,64E-03	23
17	17 -- 18	3115		29930	3,94E+08	1,61E-03	22
18	18 -- 19	3764		33045	4,69E+08	1,46E-03	18
19	19 -- 20	3142		36808	5,70E+08	1,28E-03	14
20	20 -- 21	754		39950	6,59E+08	1,14E-03	12
21	21 -- 22	3909		40704	6,81E+08	1,11E-03	11
22	22 -- 23	3877		44614	8,04E+08	9,39E-04	8
23	23 -- 24	3786		48491	9,37E+08	7,80E-04	6
24	24 -- 25	3611		52277	1,08E+09	6,22E-04	4
25	25 -- 26	3308		55888	1,24E+09	4,64E-04	2
26	26 -- 27	2770		59196	1,40E+09	3,08E-04	1
27	27 -- 28	2791		61966	1,57E+09	1,53E-04	0
28				64757	1,75E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,56E-02	1409
2	2 -- 3		28576	121966	9,34E+04	4,56E-02	1383
3	3 -- 4			1089161	6,62E+07	4,53E-02	1279
4	4 -- 5			3336578	1,50E+08	4,44E-02	1151
5	5 -- 6			6718611	2,35E+08	4,35E-02	1025
6	6 -- 7		182742	7761781	2,48E+08	4,33E-02	1006
7	7 -- 8			13307091	7,61E+08	4,20E-02	903
8	8 -- 9			16874174	1,07E+09	4,09E-02	844
9	9 -- 10			20719326	1,37E+09	3,96E-02	787
10	10 -- 11			29587135	1,98E+09	3,67E-02	678
11	11 -- 12		175071	37145584	2,39E+09	3,49E-02	610
12	12 -- 13			40886351	2,76E+09	3,39E-02	577
13	13 -- 14			53203147	3,88E+09	3,09E-02	485
14	14 -- 15			65986609	4,99E+09	2,76E-02	401
15	15 -- 16			72308453	5,55E+09	2,61E-02	363
16	16 -- 17			79281111	6,10E+09	2,47E-02	327
17	17 -- 18		165217	82049575	6,30E+09	2,41E-02	314
18	18 -- 19			94729951	7,61E+09	2,17E-02	261
19	19 -- 20			110064859	9,20E+09	1,88E-02	203
20	20 -- 21		45646	122146908	1,05E+10	1,66E-02	162
21	21 -- 22			124861084	1,08E+10	1,61E-02	153
22	22 -- 23			139044756	1,25E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			152135564	1,42E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			163795662	1,60E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			173605151	1,77E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			181145233	1,94E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			185998265	2,11E+10	2,02E-03	3
28	28 -- 29			187889454	2,28E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,73E-02	1169
2	2 -- 3		19882	19882	7,63E+04	3,73E-02	1148
3	3 -- 4			19882	4,62E+07	3,70E-02	1063
4	4 -- 5			19882	1,05E+08	3,64E-02	959
5	5 -- 6			19882	1,64E+08	3,58E-02	856
6	6 -- 7		151666	171548	1,74E+08	3,57E-02	840
7	7 -- 8			171548	5,90E+08	3,47E-02	755
8	8 -- 9			171548	8,37E+08	3,38E-02	706
9	9 -- 10			171548	1,09E+09	3,27E-02	659
10	10 -- 11			171548	1,58E+09	3,05E-02	569
11	11 -- 12		151136	322684	1,91E+09	2,90E-02	512
12	12 -- 13			322684	2,22E+09	2,83E-02	485
13	13 -- 14			322684	3,15E+09	2,58E-02	408
14	14 -- 15			322684	4,08E+09	2,31E-02	338
15	15 -- 16			322684	4,55E+09	2,19E-02	306
16	16 -- 17			322684	5,01E+09	2,07E-02	276
17	17 -- 18		150503	473187	5,18E+09	2,03E-02	265
18	18 -- 19			473187	6,30E+09	1,83E-02	220
19	19 -- 20			473187	7,66E+09	1,58E-02	171
20	20 -- 21		39776	512963	8,76E+09	1,40E-02	137
21	21 -- 22			512963	9,04E+09	1,36E-02	129
22	22 -- 23			512963	1,05E+10	1,13E-02	94
23	23 -- 24			512963	1,20E+10	9,29E-03	64
24	24 -- 25			512963	1,35E+10	7,29E-03	41
25	25 -- 26			512963	1,49E+10	5,36E-03	23
26	26 -- 27			512963	1,64E+10	3,50E-03	10
27	27 -- 28			512963	1,79E+10	1,71E-03	2
28				512963	1,93E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,87E-02	1766
2	2 -- 3		50967	50967	1,20E+05	5,87E-02	1732
3	3 -- 4			50967	1,18E+08	5,81E-02	1599
4	4 -- 5			50967	2,66E+08	5,66E-02	1435
5	5 -- 6			50967	4,15E+08	5,49E-02	1276
6	6 -- 7		207653	258620	4,39E+08	5,46E-02	1251
7	7 -- 8			258620	1,07E+09	5,26E-02	1122
8	8 -- 9			258620	1,44E+09	5,11E-02	1048
9	9 -- 10			258620	1,81E+09	4,93E-02	977
10	10 -- 11			258620	2,56E+09	4,56E-02	841
11	11 -- 12		205550	464170	3,06E+09	4,33E-02	757
12	12 -- 13			464170	3,51E+09	4,21E-02	716
13	13 -- 14			464170	4,85E+09	3,82E-02	601
14	14 -- 15			464170	6,18E+09	3,41E-02	498
15	15 -- 16			464170	6,85E+09	3,23E-02	451
16	16 -- 17			464170	7,52E+09	3,05E-02	406
17	17 -- 18		203011	667181	7,76E+09	2,99E-02	391
18	18 -- 19			667181	9,34E+09	2,69E-02	324
19	19 -- 20			667181	1,13E+10	2,33E-02	253
20	20 -- 21		98129	765310	1,28E+10	2,06E-02	202
21	21 -- 22			765310	1,32E+10	2,00E-02	191
22	22 -- 23			765310	1,54E+10	1,67E-02	138
23	23 -- 24			765310	1,76E+10	1,37E-02	95
24	24 -- 25			765310	1,98E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			765310	2,20E+10	7,91E-03	33
26	26 -- 27			765310	2,42E+10	5,16E-03	15
27	27 -- 28			765310	2,64E+10	2,53E-03	4
28				765310	2,86E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,69E-02	1153
2	2 -- 3		21278	21278	7,56E+04	3,69E-02	1132
3	3 -- 4			21278	4,94E+07	3,67E-02	1048
4	4 -- 5			21278	1,12E+08	3,61E-02	945
5	5 -- 6			21278	1,75E+08	3,53E-02	843
6	6 -- 7		147712	168989	1,85E+08	3,52E-02	827
7	7 -- 8			168989	5,96E+08	3,42E-02	743
8	8 -- 9			168989	8,39E+08	3,33E-02	695
9	9 -- 10			168989	1,08E+09	3,23E-02	648
10	10 -- 11			168989	1,57E+09	3,00E-02	560
11	11 -- 12		147277	316266	1,90E+09	2,86E-02	504
12	12 -- 13			316266	2,20E+09	2,78E-02	477
13	13 -- 14			316266	3,11E+09	2,53E-02	401
14	14 -- 15			316266	4,03E+09	2,27E-02	332
15	15 -- 16			316266	4,48E+09	2,15E-02	301
16	16 -- 17			316266	4,94E+09	2,03E-02	271
17	17 -- 18		146759	463026	5,10E+09	1,99E-02	261
18	18 -- 19			463026	6,20E+09	1,79E-02	216
19	19 -- 20			463026	7,53E+09	1,56E-02	169
20	20 -- 21		43009	506035	8,60E+09	1,38E-02	135
21	21 -- 22			506035	8,89E+09	1,34E-02	127
22	22 -- 23			506035	1,03E+10	1,12E-02	92
23	23 -- 24			506035	1,18E+10	9,14E-03	63
24	24 -- 25			506035	1,32E+10	7,17E-03	40
25	25 -- 26			506035	1,47E+10	5,27E-03	22
26	26 -- 27			506035	1,61E+10	3,44E-03	10
27	27 -- 28			506035	1,76E+10	1,68E-03	2
28				506035	1,90E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,57E-05	1
2	2 -- 3				1,41E+06	5,57E-05	1
3	3 -- 4				1,41E+06	4,19E-05	1
4	4 -- 5				1,41E+06	3,08E-05	0
5	5 -- 6				1,41E+06	2,35E-05	0
6	6 -- 7				1,41E+06	2,27E-05	0
7	7 -- 8				1,41E+06	1,90E-05	0
8	8 -- 9				1,41E+06	1,72E-05	0
9	9 -- 10				1,41E+06	1,57E-05	0
10	10 -- 11				1,41E+06	1,33E-05	0
11	11 -- 12				1,41E+06	1,21E-05	0
12	12 -- 13				1,41E+06	1,16E-05	0
13	13 -- 14				1,41E+06	1,03E-05	0
14	14 -- 15				1,41E+06	9,24E-06	0
15	15 -- 16				1,41E+06	8,85E-06	0
16	16 -- 17				1,41E+06	8,50E-06	0
17	17 -- 18				1,41E+06	8,38E-06	0
18	18 -- 19				1,41E+06	7,89E-06	0
19	19 -- 20				1,41E+06	7,40E-06	0
20	20 -- 21				6,63E+06	7,09E-06	0
21	21 -- 22				6,63E+06	6,76E-06	0
22	22 -- 23				6,63E+06	5,25E-06	0
23	23 -- 24				6,63E+06	4,04E-06	0
24	24 -- 25				6,63E+06	2,99E-06	0
25	25 -- 26				6,63E+06	2,09E-06	0
26	26 -- 27				6,63E+06	1,30E-06	0
27	27 -- 28				6,63E+06	6,10E-07	0
28					6,63E+06	0,00E+00	0

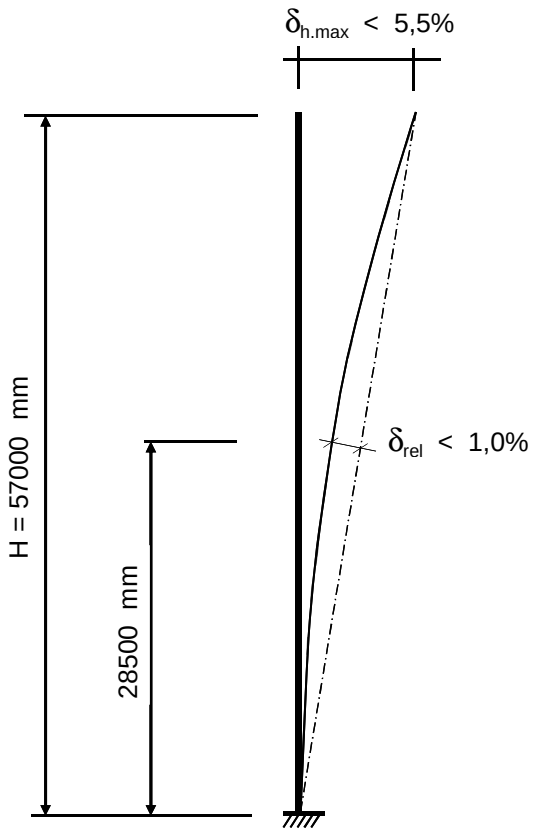
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,0E-02	1794
2	2 -- 3	6,0E-02	1760
3	3 -- 4	5,9E-02	1625
4	4 -- 5	5,8E-02	1458
5	5 -- 6	5,6E-02	1297
6	6 -- 7	5,5E-02	1272
7	7 -- 8	5,3E-02	1141
8	8 -- 9	5,2E-02	1066
9	9 -- 10	5,0E-02	993
10	10 -- 11	4,6E-02	855
11	11 -- 12	4,4E-02	769
12	12 -- 13	4,3E-02	728
13	13 -- 14	3,9E-02	612
14	14 -- 15	3,5E-02	507
15	15 -- 16	3,3E-02	458
16	16 -- 17	3,1E-02	413
17	17 -- 18	3,0E-02	398
18	18 -- 19	2,7E-02	330
19	19 -- 20	2,4E-02	257
20	20 -- 21	2,1E-02	206
21	21 -- 22	2,0E-02	194
22	22 -- 23	1,7E-02	141
23	23 -- 24	1,4E-02	97
24	24 -- 25	1,1E-02	61
25	25 -- 26	8,1E-03	34
26	26 -- 27	5,3E-03	15
27	27 -- 28	2,6E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1794 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,15 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 16 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 413 mm
α = 1,80 graden

δ_{rel} = 484 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,85 % voldoet , max verpl. < 1 %

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	582	360	0	0,00E+00	4,44E-03	138
2	2 -- 3	2469	4361	582	1,66E+05	4,44E-03	136
3	3 -- 4	3392	11318	3051	4,31E+06	4,42E-03	126
4	4 -- 5	3720	21312	6443	1,78E+07	4,34E-03	113
5	5 -- 6	616	32748	10163	4,15E+07	4,20E-03	101
6	6 -- 7	3416	53490	10779	4,62E+07	4,17E-03	99
7	7 -- 8	2128	65570	14195	7,62E+07	4,01E-03	89
8	8 -- 9	2200	73280	16323	9,79E+07	3,90E-03	84
9	9 -- 10	4607	81391	18522	1,23E+08	3,78E-03	78
10	10 -- 11	3216	98815	23129	1,82E+08	3,52E-03	68
11	11 -- 12	1649	131668	26345	2,29E+08	3,35E-03	61
12	12 -- 13	5103	138811	27994	2,55E+08	3,27E-03	58
13	13 -- 14	5316	161414	33097	3,42E+08	2,99E-03	49
14	14 -- 15	2729	185779	38413	4,44E+08	2,70E-03	41
15	15 -- 16	2771	200308	41141	5,01E+08	2,57E-03	37
16	16 -- 17	982	233650	43913	5,61E+08	2,43E-03	34
17	17 -- 18	4673	258750	44895	5,83E+08	2,39E-03	32
18	18 -- 19	5646	284920	49567	6,94E+08	2,16E-03	27
19	19 -- 20	4713	321455	55213	8,44E+08	1,90E-03	21
20	20 -- 21	1131	357938	59926	9,76E+08	1,70E-03	17
21	21 -- 22	5864	365775	61056	1,01E+09	1,65E-03	16
22	22 -- 23	5816	407722	66921	1,19E+09	1,40E-03	12
23	23 -- 24	5679	454982	72736	1,39E+09	1,16E-03	8
24	24 -- 25	5417	504645	78415	1,61E+09	9,25E-04	5
25	25 -- 26	4962	556713	83832	1,84E+09	6,91E-04	3
26	26 -- 27	4155	611184	88794	2,08E+09	4,58E-04	1
27	27 -- 28	4187	668059	92950	2,34E+09	2,28E-04	0
28			786252	97136	2,61E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,83E-02	1797
2	2 -- 3		37809	37809	0,00E+00	5,83E-02	1764
3	3 -- 4			37809	8,62E+07	5,79E-02	1632
4	4 -- 5			37809	1,94E+08	5,68E-02	1468
5	5 -- 6			37809	3,02E+08	5,55E-02	1308
6	6 -- 7		235849	273659	3,19E+08	5,53E-02	1283
7	7 -- 8			273659	9,76E+08	5,36E-02	1152
8	8 -- 9			273659	1,37E+09	5,22E-02	1076
9	9 -- 10			273659	1,76E+09	5,05E-02	1003
10	10 -- 11			273659	2,54E+09	4,68E-02	864
11	11 -- 12		224419	498077	3,06E+09	4,45E-02	777
12	12 -- 13			498077	3,53E+09	4,33E-02	736
13	13 -- 14			498077	4,95E+09	3,93E-02	618
14	14 -- 15			498077	6,37E+09	3,52E-02	511
15	15 -- 16			498077	7,08E+09	3,33E-02	462
16	16 -- 17			498077	7,79E+09	3,14E-02	416
17	17 -- 18		209481	707558	8,04E+09	3,08E-02	401
18	18 -- 19			707558	9,70E+09	2,77E-02	332
19	19 -- 20			707558	1,17E+10	2,39E-02	258
20	20 -- 21		58310	765868	1,33E+10	2,12E-02	206
21	21 -- 22			765868	1,38E+10	2,05E-02	195
22	22 -- 23			765868	1,59E+10	1,71E-02	141
23	23 -- 24			765868	1,81E+10	1,40E-02	97
24	24 -- 25			765868	2,03E+10	1,10E-02	61
25	25 -- 26			765868	2,25E+10	8,06E-03	34
26	26 -- 27			765868	2,47E+10	5,26E-03	15
27	27 -- 28			765868	2,69E+10	2,57E-03	4
28				765868	2,90E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,27E-02	1339
2	2 -- 3		23355	23355	0,00E+00	4,27E-02	1314
3	3 -- 4			23355	5,32E+07	4,24E-02	1217
4	4 -- 5			23355	1,20E+08	4,17E-02	1097
5	5 -- 6			23355	1,86E+08	4,09E-02	980
6	6 -- 7		175380	198734	1,97E+08	4,08E-02	961
7	7 -- 8			198734	6,74E+08	3,97E-02	864
8	8 -- 9			198734	9,57E+08	3,86E-02	809
9	9 -- 10			198734	1,24E+09	3,75E-02	754
10	10 -- 11			198734	1,81E+09	3,49E-02	651
11	11 -- 12		174456	373190	2,18E+09	3,32E-02	586
12	12 -- 13			373190	2,54E+09	3,23E-02	555
13	13 -- 14			373190	3,60E+09	2,95E-02	467
14	14 -- 15			373190	4,67E+09	2,64E-02	387
15	15 -- 16			373190	5,20E+09	2,50E-02	350
16	16 -- 17			373190	5,73E+09	2,37E-02	316
17	17 -- 18		173351	546542	5,92E+09	2,32E-02	304
18	18 -- 19			546542	7,20E+09	2,09E-02	252
19	19 -- 20			546542	8,76E+09	1,81E-02	196
20	20 -- 21		46141	592682	1,00E+10	1,60E-02	157
21	21 -- 22			592682	1,03E+10	1,55E-02	148
22	22 -- 23			592682	1,20E+10	1,30E-02	107
23	23 -- 24			592682	1,37E+10	1,06E-02	74
24	24 -- 25			592682	1,54E+10	8,35E-03	47
25	25 -- 26			592682	1,71E+10	6,14E-03	26
26	26 -- 27			592682	1,88E+10	4,01E-03	11
27	27 -- 28			592682	2,05E+10	1,96E-03	3
28				592682	2,22E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,31E-02	2193
2	2 -- 3		66280	66280	0,00E+00	7,31E-02	2151
3	3 -- 4			66280	1,51E+08	7,24E-02	1985
4	4 -- 5			66280	3,40E+08	7,05E-02	1781
5	5 -- 6			66280	5,29E+08	6,82E-02	1583
6	6 -- 7		258657	324937	5,59E+08	6,79E-02	1552
7	7 -- 8			324937	1,34E+09	6,54E-02	1392
8	8 -- 9			324937	1,80E+09	6,34E-02	1300
9	9 -- 10			324937	2,26E+09	6,13E-02	1211
10	10 -- 11			324937	3,19E+09	5,66E-02	1043
11	11 -- 12		255422	580360	3,81E+09	5,37E-02	938
12	12 -- 13			580360	4,36E+09	5,22E-02	888
13	13 -- 14			580360	6,01E+09	4,73E-02	746
14	14 -- 15			580360	7,67E+09	4,23E-02	618
15	15 -- 16			580360	8,49E+09	4,00E-02	559
16	16 -- 17			580360	9,32E+09	3,78E-02	504
17	17 -- 18		251491	831851	9,61E+09	3,70E-02	485
18	18 -- 19			831851	1,16E+10	3,33E-02	402
19	19 -- 20			831851	1,39E+10	2,89E-02	313
20	20 -- 21		126880	958731	1,59E+10	2,56E-02	251
21	21 -- 22			958731	1,64E+10	2,48E-02	237
22	22 -- 23			958731	1,91E+10	2,07E-02	172
23	23 -- 24			958731	2,18E+10	1,70E-02	118
24	24 -- 25			958731	2,46E+10	1,33E-02	75
25	25 -- 26			958731	2,73E+10	9,82E-03	41
26	26 -- 27			958731	3,00E+10	6,41E-03	18
27	27 -- 28			958731	3,28E+10	3,14E-03	5
28				958731	3,55E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,37E-02	1364
2	2 -- 3		25962	25962	0,00E+00	4,37E-02	1339
3	3 -- 4			25962	5,92E+07	4,34E-02	1240
4	4 -- 5			25962	1,33E+08	4,26E-02	1117
5	5 -- 6			25962	2,07E+08	4,18E-02	996
6	6 -- 7		176175	202137	2,19E+08	4,16E-02	978
7	7 -- 8			202137	7,04E+08	4,04E-02	879
8	8 -- 9			202137	9,92E+08	3,94E-02	822
9	9 -- 10			202137	1,28E+09	3,82E-02	767
10	10 -- 11			202137	1,86E+09	3,55E-02	662
11	11 -- 12		175439	377575	2,24E+09	3,38E-02	596
12	12 -- 13			377575	2,60E+09	3,29E-02	564
13	13 -- 14			377575	3,68E+09	3,00E-02	474
14	14 -- 15			377575	4,75E+09	2,68E-02	393
15	15 -- 16			377575	5,29E+09	2,54E-02	356
16	16 -- 17			377575	5,83E+09	2,40E-02	321
17	17 -- 18		174559	552135	6,02E+09	2,36E-02	309
18	18 -- 19			552135	7,31E+09	2,12E-02	256
19	19 -- 20			552135	8,89E+09	1,84E-02	199
20	20 -- 21		52051	604186	1,02E+10	1,63E-02	159
21	21 -- 22			604186	1,05E+10	1,58E-02	151
22	22 -- 23			604186	1,22E+10	1,32E-02	109
23	23 -- 24			604186	1,39E+10	1,08E-02	75
24	24 -- 25			604186	1,57E+10	8,49E-03	47
25	25 -- 26			604186	1,74E+10	6,24E-03	26
26	26 -- 27			604186	1,91E+10	4,07E-03	12
27	27 -- 28			604186	2,08E+10	1,99E-03	3
28				604186	2,25E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	6,68E-05	1
2	2 -- 3				1,69E+06	6,68E-05	1
3	3 -- 4				1,69E+06	5,02E-05	1
4	4 -- 5				1,69E+06	3,69E-05	1
5	5 -- 6				1,69E+06	2,82E-05	0
6	6 -- 7				1,69E+06	2,72E-05	0
7	7 -- 8				1,69E+06	2,28E-05	0
8	8 -- 9				1,69E+06	2,06E-05	0
9	9 -- 10				1,69E+06	1,88E-05	0
10	10 -- 11				1,69E+06	1,59E-05	0
11	11 -- 12				1,69E+06	1,45E-05	0
12	12 -- 13				1,69E+06	1,39E-05	0
13	13 -- 14				1,69E+06	1,23E-05	0
14	14 -- 15				1,69E+06	1,11E-05	0
15	15 -- 16				1,69E+06	1,06E-05	0
16	16 -- 17				1,69E+06	1,02E-05	0
17	17 -- 18				1,69E+06	1,01E-05	0
18	18 -- 19				1,69E+06	9,47E-06	0
19	19 -- 20				1,69E+06	8,88E-06	0
20	20 -- 21				7,96E+06	8,50E-06	0
21	21 -- 22				7,96E+06	8,12E-06	0
22	22 -- 23				7,96E+06	6,30E-06	0
23	23 -- 24				7,96E+06	4,84E-06	0
24	24 -- 25				7,96E+06	3,59E-06	0
25	25 -- 26				7,96E+06	2,51E-06	0
26	26 -- 27				7,96E+06	1,56E-06	0
27	27 -- 28				7,96E+06	7,32E-07	0
28					7,96E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

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

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	11,38	66,45	7,07
3	3 -- 4	18,34	67,20	159,43
4	4 -- 5	28,33	68,21	352,39
5	5 -- 6	39,77	69,33	548,38
6	6 -- 7	72,84	328,17	579,62
7	7 -- 8	84,92	329,20	1368,46
8	8 -- 9	92,63	329,83	1838,02
9	9 -- 10	100,74	330,49	2308,51
10	10 -- 11	118,16	331,88	3252,38
11	11 -- 12	163,35	588,26	3883,86
12	12 -- 13	170,49	588,76	4442,95
13	13 -- 14	193,09	590,29	6123,09
14	14 -- 15	217,46	591,88	7807,68
15	15 -- 16	231,99	592,70	8651,70
16	16 -- 17	265,33	593,53	9496,89
17	17 -- 18	302,76	845,32	9793,74
18	18 -- 19	328,93	846,72	11781,88
19	19 -- 20	365,46	848,41	14197,45
20	20 -- 21	416,01	976,71	16175,80
21	21 -- 22	423,84	977,05	16713,08
22	22 -- 23	465,79	978,81	19500,17
23	23 -- 24	513,05	980,55	22292,26
24	24 -- 25	562,71	982,26	25089,26
25	25 -- 26	614,78	983,88	27891,00
26	26 -- 27	669,25	985,37	30697,18
27	27 -- 28	726,13	986,62	33507,26
28		844,32	987,87	36320,91

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 785	7,07	11,38	34	7,5	1217,6	0,01
2	500 / 785	159,43	18,34	136	162,3	1621,9	0,10
3	500 / 785	352,39	28,33	166	360,0	2208,8	0,17
4	500 / 785	548,38	39,77	162	562,4	2886,3	0,20
5	785 / 1070	579,62	72,84	25	595,5	3310,0	0,18
6	785 / 1070	1368,46	84,92	131	1395,4	4032,7	0,35
7	785 / 1070	1838,02	92,63	75	1871,9	4495,6	0,42
8	785 / 1070	2308,51	100,74	73	2349,8	4983,6	0,48
9	785 / 1070	3252,38	118,16	138	3309,9	6035,2	0,55
10	1070 / 1355	3883,86	163,35	86	3955,4	7431,7	0,54
11	1070 / 1355	4442,95	170,49	41	4521,5	7865,3	0,58
12	1070 / 1355	6123,09	193,09	116	6224,2	9239,9	0,68
13	1070 / 1355	7807,68	217,46	105	7931,6	10725,3	0,75
14	1355/ 1545	8651,70	231,99	48	8786,7	12994,9	0,68
15	1355/ 1545	9496,89	265,33	45	9644,0	13914,5	0,70
16	1355/ 1545	9793,74	302,76	15	9945,5	14244,7	0,71
17	1355/ 1545	11781,88	328,93	68	11956,0	15848,1	0,76
18	1545/ 1830	14197,45	365,46	73	14398,1	19946,1	0,73
19	1545/ 1830	16175,80	416,01	51	16397,9	21904,9	0,76
20	1545/ 1830	16713,08	423,84	11	16940,0	22386,9	0,76
21	1545/ 1830	19500,17	465,79	53	19751,9	24968,6	0,80
22	1830/ 2400	22292,26	513,05	44	22566,7	29576,4	0,77
23	1830/ 2400	25089,26	562,71	36	25383,7	32639,7	0,79
24	1830/ 2400	27891,00	614,78	27	28202,1	35854,0	0,80
25	1830/ 2400	30697,18	669,25	19	31021,0	39219,2	0,80
26	1830/ 2400	33507,26	726,13	11	33839,2	42735,4	0,80
27	1830/ 2400	36320,91	844,32	4	36656,0	46402,7	0,80

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
595	18,0	33,06	0,81	355	355
690	18,0	38,33	0,81	355	355
785	18,0	43,61	0,81	355	355
800	20,0	40,00	0,81	355	355
880	20,0	44,00	0,81	355	355
928	20,0	46,38	0,81	355	355
975	20,0	48,75	0,81	355	355
1070	20,0	53,50	0,81	355	355
1133	22,0	51,52	0,81	355	355
1165	22,0	52,95	0,81	355	355
1260	22,0	57,27	0,81	355	355
1355	22,0	61,59	0,81	347	355
1403	25,0	56,10	0,81	355	355
1450	25,0	58,00	0,81	355	355
1467	25,0	58,67	0,81	355	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1640	28,0	58,57	0,81	355	355
1717	28,0	61,31	0,81	348	355
1735	28,0	61,96	0,81	345	355
1830	28,0	65,36	0,81	333	355
1925	30,0	64,17	0,81	337	355
2020	30,0	67,33	0,81	326	355
2115	30,0	70,50	0,81	317	355
2210	30,0	73,67	0,81	307	355
2305	30,0	76,83	0,81	299	355
2400	30,0	80,00	0,81	292	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 785	2,26	0,41	355	355	0,01
2	500 / 785	40,79	0,60	355	355	0,12
3	500 / 785	67,12	0,80	355	355	0,19
4	500 / 785	78,72	0,98	355	355	0,22
5	785 / 1070	65,12	1,50	355	355	0,19
6	785 / 1070	135,26	1,65	355	355	0,39
7	785 / 1070	155,96	1,67	355	355	0,44
8	785 / 1070	176,12	1,72	355	355	0,50
9	785 / 1070	213,76	1,88	355	355	0,61
10	1070 / 1355	200,30	2,19	355	355	0,57
11	1070 / 1355	209,91	2,19	355	355	0,60
12	1070 / 1355	258,77	2,35	355	355	0,74
13	1070 / 1355	282,45	2,45	355	347	0,80
14	1355/ 1545	248,61	2,18	355	355	0,71
15	1355/ 1545	254,53	2,41	355	355	0,72
16	1355/ 1545	250,77	2,69	355	355	0,71
17	1355/ 1545	282,29	2,83	355	346	0,80
18	1545/ 1830	286,47	2,72	355	355	0,81
19	1545/ 1830	278,34	2,87	355	348	0,79
20	1545/ 1830	271,56	2,84	355	345	0,77
21	1545/ 1830	296,36	3,02	355	333	0,84
22	1830/ 2400	285,08	2,95	355	337	0,81
23	1830/ 2400	289,85	3,07	355	326	0,83
24	1830/ 2400	292,50	3,20	355	317	0,83
25	1830/ 2400	293,53	3,33	355	307	0,84
26	1830/ 2400	293,30	3,46	355	299	0,84
27	1830/ 2400	292,10	3,86	355	292	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

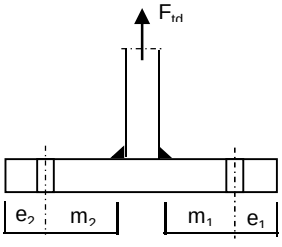
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

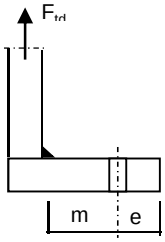
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

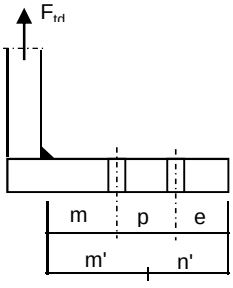
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,76	10,29	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
st.c binnenkant		1050,00					
	56	631,61	10,60	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,60

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			127,0
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			183,3
flenzen op 28,50 m hoogte.							
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
120	1,26E+08	2602,39	1463,95	1696,90	1463,95	1259,52	0,86
120	1,81E+08	3756,02	1803,52	1696,90	1696,90	1259,52	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,22	0,87
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,22	0,87
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,92	1,450	0,18	7,44

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	595	1,000		1,000			
2	584	0,983	1 -- 2	0,991	133	230	637,6
3	544	0,914	2 -- 3	0,949	580		254,3
4	493	0,829	3 -- 4	0,872	833		292,2
5	443	0,746	4 -- 5	0,787	953		334,4
6	436	0,733	5 -- 6	0,739	178	1550	3840,5
7	395	0,665	6 -- 7	0,699	1007		419,4
8	372	0,625	7 -- 8	0,645	643		450,9
9	349	0,587	8 -- 9	0,606	676		474,3
10	305	0,513	9 -- 10	0,550	1452		509,5
11	277	0,466	10 -- 11	0,490	1141	1596	1440,8
12	264	0,444	11 -- 12	0,455	595		626,5
13	225	0,379	12 -- 13	0,411	1884		660,9
14	190	0,319	13 -- 14	0,349	2030		712,5
15	173	0,291	14 -- 15	0,305	1211		849,6
16	157	0,265	15 -- 16	0,278	1252	1526	1949,8
17	152	0,256	16 -- 17	0,260	449	1642	4182,9
18	128	0,215	17 -- 18	0,235	2181		928,0
19	101	0,170	18 -- 19	0,193	3045		1068,3
20	82	0,138	19 -- 20	0,154	2656	385	1321,9
21	78	0,131	20 -- 21	0,135	653		1187,4
22	57	0,097	21 -- 22	0,114	3496		1226,5
23	40	0,068	22 -- 23	0,082	3938		1381,9
24	26	0,043	23 -- 24	0,055	4139		1452,1
25	15	0,025	24 -- 25	0,034	4339		1522,4
26	7	0,011	25 -- 26	0,018	4539		1592,7
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4740		1663,0
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4940	4910	3456,0

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	638	0,991	0,570	0,56	357,19	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,57	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,81	2,48
4 -- 5	334	0,787	2,850	1,77	590,95	2,24
5 -- 6	3841	0,739	0,450	0,25	944,53	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,54	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,37	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,39	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,38	1,57
10 -- 11	1441	0,490	1,900	0,46	656,85	0,93
11 -- 12	627	0,455	0,950	0,20	123,31	0,43
12 -- 13	661	0,411	2,850	0,48	318,86	1,17
13 -- 14	712	0,349	2,850	0,35	247,53	1,00
14 -- 15	850	0,305	1,425	0,13	112,85	0,44
15 -- 16	1950	0,278	1,425	0,11	214,69	0,40
16 -- 17	4183	0,260	0,500	0,03	141,45	0,13
17 -- 18	928	0,235	2,350	0,13	120,64	0,55
18 -- 19	1068	0,193	2,850	0,11	112,94	0,55
19 -- 20	1322	0,154	2,300	0,05	72,31	0,35
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,82	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,26	0,32
22 -- 23	1382	0,082	2,850	0,02	26,53	0,23
23 -- 24	1452	0,055	2,850	0,01	12,74	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,02	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,44	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,07	6718,21	19,73

m_e = 6718,2 / 12,1 = 556,6 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	556,6	0,030	1,25	1,450	12,7

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 12,7

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,73 / (4 * π * 12,07) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 7,44 / $15*10^{-6}$ = 7,2E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,57 / 19,73 = 0,38

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,079 * 0,130 * 0,38 * 0,2 = 0,024

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,024 = 0,035 m

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		154786	154786	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			154786	8,82E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			154786	4,41E+08	4,9E-02	857
4	4 -- 5			154786	8,82E+08	4,3E-02	725
5	5 -- 6			154786	1,32E+09	3,8E-02	609
6	6 -- 7			154786	1,39E+09	3,7E-02	592
7	7 -- 8			154786	1,76E+09	3,3E-02	509
8	8 -- 9			154786	1,99E+09	3,0E-02	464
9	9 -- 10			154786	2,21E+09	2,8E-02	422
10	10 -- 11			154786	2,65E+09	2,4E-02	348
11	11 -- 12			154786	2,94E+09	2,2E-02	305
12	12 -- 13			154786	3,09E+09	2,0E-02	285
13	13 -- 14			154786	3,53E+09	1,7E-02	231
14	14 -- 15			154786	3,97E+09	1,5E-02	185
15	15 -- 16			154786	4,19E+09	1,3E-02	165
16	16 -- 17			154786	4,41E+09	1,2E-02	147
17	17 -- 18			154786	4,49E+09	1,2E-02	140
18	18 -- 19			154786	4,85E+09	1,0E-02	114
19	19 -- 20			154786	5,29E+09	8,6E-03	87
20	20 -- 21			154786	5,65E+09	7,4E-03	68
21	21 -- 22			154786	5,73E+09	7,2E-03	64
22	22 -- 23			154786	6,18E+09	5,8E-03	46
23	23 -- 24			154786	6,62E+09	4,6E-03	31
24	24 -- 25			154786	7,06E+09	3,5E-03	19
25	25 -- 26			154786	7,50E+09	2,6E-03	11
26	26 -- 27			154786	7,94E+09	1,6E-03	5
27	27 -- 28			154786	8,38E+09	7,9E-04	1
28	28 -- 29			154786	8,82E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	18,0	3429797	26	0,0351	1,8
2	595	18,0	4568728	97	0,0351	6,8
3	690	18,0	6222037	142	0,0351	10,0
4	785	18,0	8130513	163	0,0351	11,4
5	800	20,0	9323933	149	0,0351	10,5
6	880	20,0	11359713	155	0,0351	10,9
7	928	20,0	12663587	157	0,0351	11,0
8	975	20,0	14038342	157	0,0351	11,0
9	1070	20,0	17000494	156	0,0351	10,9
10	1133	22,0	20934283	140	0,0351	9,9
11	1165	22,0	22155736	139	0,0351	9,8
12	1260	22,0	26028017	136	0,0351	9,5
13	1355	22,0	30212175	131	0,0351	9,2
14	1403	25,0	36605376	114	0,0351	8,0
15	1450	25,0	39195854	113	0,0351	7,9
16	1467	25,0	40125792	112	0,0351	7,9
17	1545	25,0	44642616	109	0,0351	7,6
18	1640	28,0	56186268	94	0,0351	6,6
19	1717	28,0	61703971	92	0,0351	6,4
20	1735	28,0	63061723	91	0,0351	6,4
21	1830	28,0	70334115	88	0,0351	6,2
22	1925	30,0	83313787	79	0,0351	5,6
23	2020	30,0	91942792	77	0,0351	5,4
24	2115	30,0	100997086	74	0,0351	5,2
25	2210	30,0	110476672	72	0,0351	5,1
26	2305	30,0	120381548	70	0,0351	4,9
27	2400	30,0	130711715	67	0,0351	4,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y} =$ 0,92 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 7,44 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

z_s = 52,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,5 m/s

V_o = 31,5 * 20 / 100 = 6,30 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,92 * [7,44 / 6,30]^2 * \exp[-(7,44 / 6,30)^2]$ = 3,07E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

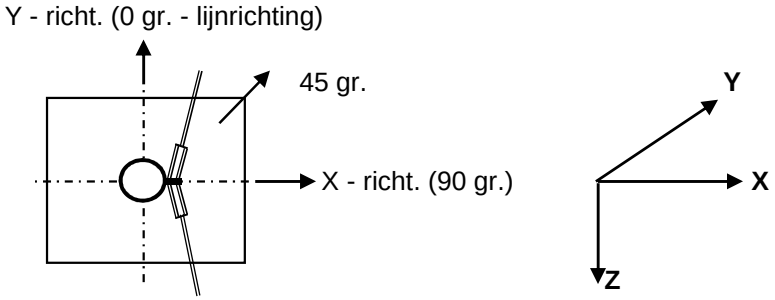
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,14	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
4	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
5	Lasnaad	13,73	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
7	Lasnaad	13,10	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
9	Lasnaad	13,25	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
10	Lasnaad	13,13	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
12	Lasnaad	11,75	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
13	Lasnaad	11,44	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
14	Lasnaad	11,08	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
16	flenzen	9,49	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03
18	Lasnaad	9,17	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
19	Lasnaad	7,95	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
21	Lasnaad	7,67	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
22	Lasnaad	7,41	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
23	Lasnaad	6,70	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
24	Lasnaad	6,47	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
25	Lasnaad	6,26	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
26	Lasnaad	6,06	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
27	Lasnaad	5,87	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
28	voetplaat	5,69	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 0 graden						
1 - EG mast			728			
2 - Windbelasting mast	104				2787	
3 - Belasting geval 1a	766		58		29051	
4 - Belasting geval 1b	593		58		22173	
5 - Belasting geval 3	959		116		35537	
6 - Belasting geval 4	604		69		22553	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	869		786		31838	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	612		786		22696	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	988		**844**		**36321**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	624		798		23076	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	30099	kNm	36321	kNm	36321	kNm
Dwarskracht	830	kN	988	kN	988	kN
Verticale kracht	655	kN	844	kN	590	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,76	10,29	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	522,34	8,65	28	M 48 - 8,8	848,45	0,62

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 629,8 kN

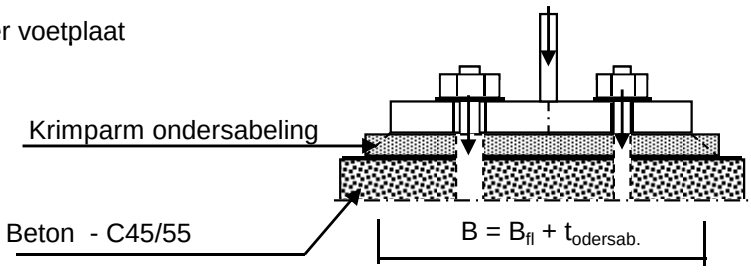
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 522,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 647,3 + 1,00 * 522,3 = 1169,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

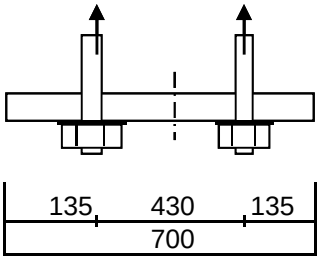
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	700,0	mm	D =	2370	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	740,0	mm			

A_{voetpl} = 740 * 2*π*D / n = 114786 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

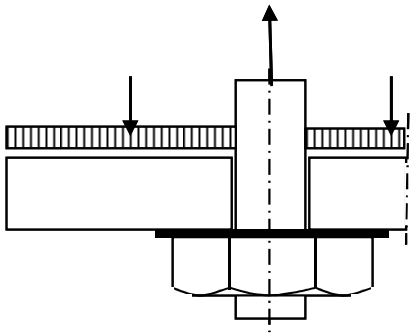


D = 2370 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 700 * $2*\pi*D / n$ = 108581 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 135 mm
L_{veld} = 430 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 105703 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2494 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 162397 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 162397 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2494 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 162397 / 179718,8 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 320,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2494 / 9223 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (320,0^2 + 3*55,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 335 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage L en L2

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70078	137223
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69192	136508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68068	135679
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9732	18523
	Comp. gl	4617	18574	36939
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72927	153781
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72817	153783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72673	153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9502	19907
	Comp. gl	4615	19311	40833
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104175	216107
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103850	216072
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103426	216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26747	54947
	Comp. gl	18676	53042	110780
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73717	155475
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73611	155485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73472	155503
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10778	22643
	Comp. gl	6122	21940	46471
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362
	GW / opgw	2505	9033	19371
	Comp. gl	5195	18706	40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	66910	134937
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66421	134664
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65796	134360
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9067	17908
	Comp. gl	4617	17921	36536

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72519	153807
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72451	153817
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72362	153833
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902
	Comp. gl	4615	19222	40844
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	102975	216051
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102778	216062
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102520	216087
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26364	54957
	Comp. gl	18676	52601	110859
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73322	155530
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73257	155544
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73170	155565
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10705	22649
	Comp. gl	6122	21855	46489
1a	380C1F1 / 380C2F1	17055	122112	201776
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17054	115266	192555
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17052	106263	180528
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	19999	32087
	Comp. gl	4619	29627	50223
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	78686	156737
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77884	156106
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76866	155378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10689	20765
	Comp. gl	4615	20513	41330
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	122004	228076
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	119496	225746
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29378	116311	222979
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32192	57937
	Comp. gl	18678	58797	112434
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79025	157457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78301	156996

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77379	156472
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11792	23129
	Comp. gl	6122	23012	46688
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	127805	209473
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	120404	199472
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	110638	186355
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21053	33538
	Comp. gl	4619	30889	51929
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79373	157310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78483	156573
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77356	155718
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10835	20916
	Comp. gl	4615	20654	41434
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	124148	230156
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	121371	227477
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	117843	224280
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9246	32831	58473
0	Comp. gl	18678	59452	112815
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79643	157881
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78842	157337
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77823	156715
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11912	23225
	Comp. gl	6122	23133	46748
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58036	111402
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	56984	110332
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	55657	109066
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8214	15270
	Comp. gl	3462	15152	29601
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59216	124380
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59098	124362
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58944	124348
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7655	15947

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15510	32684
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93070	192294
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92728	192224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92286	192159
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25616	52520
	Comp. gl	17518	50691	105739
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61202	128636
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61090	128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60945	128639
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9156	19166
	Comp. gl	4966	18589	39287
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010
	GW / opgw	1669	6441	13813
	Comp. gl	3462	13367	28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54301	107898
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53733	107456
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53013	106947
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7425	14386
	Comp. gl	3462	14389	28964
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58779	124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58708	124346
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58615	124352
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7570	15926
	Comp. gl	3461	15417	32683
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91816	192123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91613	192119
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91346	192127
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25227	52518
	Comp. gl	17518	50246	105808
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60789	128653

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60721	128662
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60632	128677
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9080	19165
	Comp. gl	4966	18503	39300
1a	380C1F1 / 380C2F1	12790	116665	190102
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12789	109310	179789
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	99518	166069
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19466	30945
	Comp. gl	3464	27805	46318
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	65902	129326
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64944	128359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63734	127218
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9058	17269
	Comp. gl	3461	16888	33556
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	112443	207579
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	109695	204733
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25111	106204	201310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31219	55852
	Comp. gl	17519	56584	107691
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67094	131873
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66269	131195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65224	130408
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10274	19874
	Comp. gl	4966	19744	39681
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	122732	198598
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	114837	187539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	104296	172759
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	20561	32483
	Comp. gl	3464	29178	48261
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66727	130192
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	65660	129077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64315	127754

W2E400 TOWER APPENDIX: **L**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9233	17482
	Comp. gl	3461	17055	33716
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	114791	210096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	111750	206850
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	107883	202926
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	31879	56433
0	Comp. gl	17520	57260	108116
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	67801	132489
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66886	131698
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65727	130776
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10410	20003
	Comp. gl	4966	19878	39768

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58692	117160
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58142	116771
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57443	116326
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8001	15595
	Comp. gl	3847	15612	31551
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63513	134465
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63442	134470
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63349	134480
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8208	17289
	Comp. gl	3845	16725	35481
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84527	176406
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84313	176388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84033	176377
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20615	42601
	Comp. gl	13213	41028	86007
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62072	131372
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62002	131382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61911	131397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8886	18744
	Comp. gl	4850	18157	38551
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56720	115936
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56414	115796
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56020	115643
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7591	15255
	Comp. gl	3847	15204	31341
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63248	134496
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63204	134505
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63145	134517
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289
	Comp. gl	3845	16667	35491

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83735	176385
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83605	176395
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83434	176414
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20357	42602
	Comp. gl	13213	40733	86056
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61813	131418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61769	131428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61712	131443
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8839	18750
	Comp. gl	4850	18101	38565
1a	380C1F1 / 380C2F1	14207	92237	157756
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	87647	151551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	81684	143612
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	14765	24466
	Comp. gl	3848	22624	39645
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67146	135993
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66646	135648
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	66011	135254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8949	17754
	Comp. gl	3845	17486	35726
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96234	184008
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	94582	182497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	92490	180718
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24331	44784
	Comp. gl	13214	44924	87242
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65476	132407
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65017	132149
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64430	131860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9540	19019
	Comp. gl	4850	18853	38657
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	96086	163003
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	91088	156197

W2E400 TOWER APPENDIX: **L2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84571	147435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15496	25493
	Comp. gl	3848	23458	40767
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67574	136310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67020	135903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66317	135437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9040	17840
	Comp. gl	3845	17574	35782
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	97648	185363
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95817	183619
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93496	181553
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24772	45174
	Comp. gl	13214	45371	87517
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65868	132646
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65360	132339
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64713	131993
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9616	19075
	Comp. gl	4850	18931	38691

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H350(+5)"

Mast 2 en 25

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

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

Inhoudsopgave.

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

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

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

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

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

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

1.3 – Randvoorwaarden.

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

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

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

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

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

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2H350(+5)”

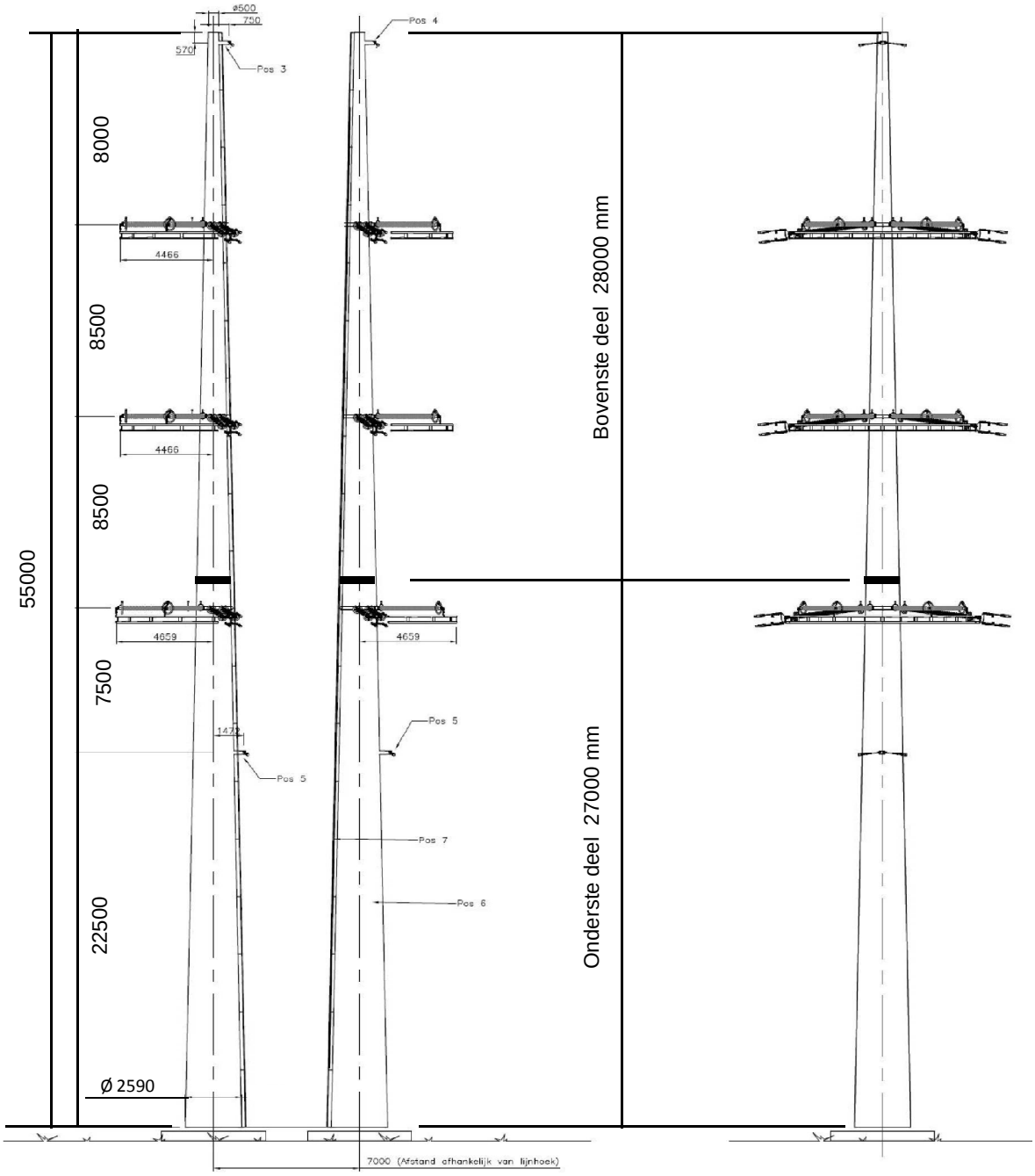
Berekening

W2H350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 2 en 25

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

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

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

Profielgegevens

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

2.3 - Computerschema

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

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

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

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

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

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

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

Meewerkende massa

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

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

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

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

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

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

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

B^2 = 0,49

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

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

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

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

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

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

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

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

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

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

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

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

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

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

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

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

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

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2381	360	360	360	360
2	2 -- 3	2621	4074	4072	16348	5578
3	3 -- 4	2934				
4	4 -- 5	3174				
5	5 -- 6	3488				
6	6 -- 7	3729	31367	31351	52933	37377
7	7 -- 8	4622				
8	8 -- 9	4911				
9	9 -- 10	5344				
10	10 -- 11	6479				
11	11 -- 12	6800	31844	31830	53412	37856
12	12 -- 13	7188				
13	13 -- 14	7829				
14	14 -- 15	9205				
15	15 -- 16	9558	32423	32409	53991	38435
16	16 -- 17	9929				
17	17 -- 18	10560	10460	10460	10460	10460
18	18 -- 19	10776				
19	19 -- 20	11456	8076	8072	32664	11084
20	20 -- 21	13499				
21	21 -- 22	14272				
22	22 -- 23	15045				
23	23 -- 24	15818				
24	24 -- 25	16592				
25	25 -- 26	17365				
26	26 -- 27	18103				
27	27 -- 28	18806				
28			37501	37501	37501	37501

KEMA rapport - bijlage H - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	685				
2	2 -- 3	732	28482	18336	46408	19244
3	3 -- 4	791				
4	4 -- 5	836				
5	5 -- 6	894				
6	6 -- 7	936	180746	138528	189504	131850
7	7 -- 8	965				
8	8 -- 9	1006				
9	9 -- 10	1065				
10	10 -- 11	1132				
11	11 -- 12	1167	173912	137792	187058	131180
12	12 -- 13	1208				
13	13 -- 14	1271				
14	14 -- 15	1321				
15	15 -- 16	1346	165680	136924	184174	130384
16	16 -- 17	1371				
17	17 -- 18	1407				
18	18 -- 19	1393				
19	19 -- 20	1444	47180	36210	87608	38428
20	20 -- 21	1455				
21	21 -- 22	1459				
22	22 -- 23	1445				
23	23 -- 24	1407				
24	24 -- 25	1335				
25	25 -- 26	1210				
26	26 -- 27	1027				
27	27 -- 28	1063				
28						

KEMA rapport - bijlage H2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

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

KEMA rapport - bijlage G - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

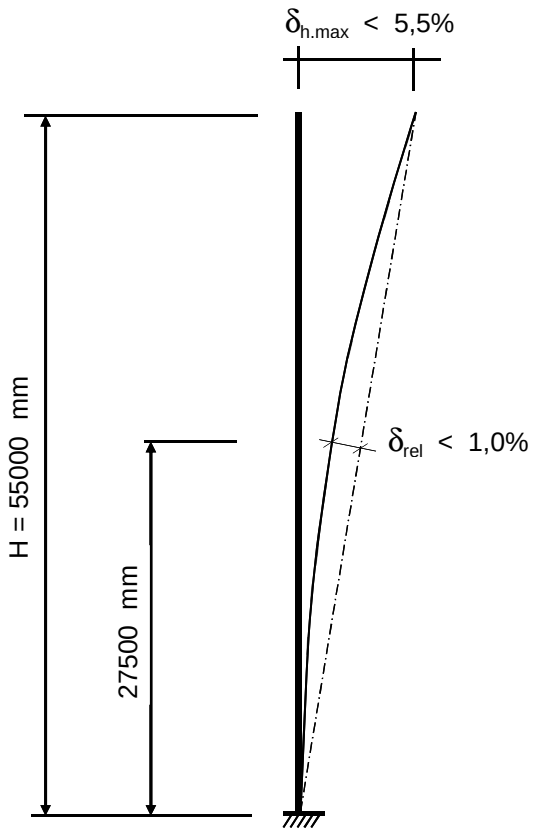
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

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

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

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1509 mm ----> δ_h *100 / 55000

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

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

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

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

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

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

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

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

A - Wind belasting mastlichaam

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

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

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

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

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

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

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

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,28E-04	2
2	2 -- 3				2,96E+06	1,28E-04	2
3	3 -- 4				2,96E+06	9,47E-05	1
4	4 -- 5				2,96E+06	8,04E-05	1
5	5 -- 6				2,96E+06	6,93E-05	1
6	6 -- 7				2,96E+06	5,60E-05	1
7	7 -- 8				2,96E+06	5,34E-05	1
8	8 -- 9				2,96E+06	4,85E-05	1
9	9 -- 10				2,96E+06	4,45E-05	1
10	10 -- 11				2,96E+06	3,82E-05	1
11	11 -- 12				2,96E+06	3,49E-05	1
12	12 -- 13				2,96E+06	3,41E-05	1
13	13 -- 14				2,96E+06	3,10E-05	1
14	14 -- 15				2,96E+06	2,87E-05	0
15	15 -- 16				2,96E+06	2,73E-05	0
16	16 -- 17				2,96E+06	2,70E-05	0
17	17 -- 18				2,96E+06	2,58E-05	0
18	18 -- 19				2,96E+06	2,47E-05	0
19	19 -- 20				1,97E+07	2,40E-05	0
20	20 -- 21				1,97E+07	2,20E-05	0
21	21 -- 22				1,97E+07	1,75E-05	0
22	22 -- 23				1,97E+07	1,37E-05	0
23	23 -- 24				1,97E+07	1,04E-05	0
24	24 -- 25				1,97E+07	7,67E-06	0
25	25 -- 26				1,97E+07	5,26E-06	0
26	26 -- 27				1,97E+07	3,17E-06	0
27	27 -- 28				1,97E+07	1,49E-06	0
28					1,97E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

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

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

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

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

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

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

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

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

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

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

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

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

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

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

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

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

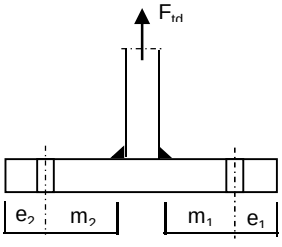
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

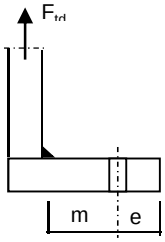
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

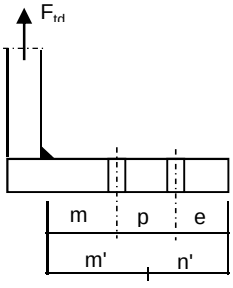
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

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

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

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

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

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

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

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

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

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

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

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

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

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

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

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

$y_{F;max}$ = 1,545 * 0,026 = 0,040 m

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		182143	182143	0,00E+00	5,5E-02	1000
2	2 -- 3			182143	1,04E+08	5,5E-02	969
3	3 -- 4			182143	5,19E+08	5,1E-02	847
4	4 -- 5			182143	7,79E+08	4,8E-02	776
5	5 -- 6			182143	1,04E+09	4,5E-02	709
6	6 -- 7			182143	1,46E+09	3,9E-02	612
7	7 -- 8			182143	1,56E+09	3,8E-02	591
8	8 -- 9			182143	1,82E+09	3,5E-02	539
9	9 -- 10			182143	2,08E+09	3,2E-02	491
10	10 -- 11			182143	2,60E+09	2,8E-02	405
11	11 -- 12			182143	3,01E+09	2,4E-02	346
12	12 -- 13			182143	3,11E+09	2,4E-02	332
13	13 -- 14			182143	3,63E+09	2,0E-02	270
14	14 -- 15			182143	4,15E+09	1,7E-02	217
15	15 -- 16			182143	4,55E+09	1,5E-02	182
16	16 -- 17			182143	4,67E+09	1,4E-02	172
17	17 -- 18			182143	5,10E+09	1,3E-02	141
18	18 -- 19			182143	5,60E+09	1,1E-02	109
19	19 -- 20			182143	5,92E+09	9,2E-03	92
20	20 -- 21			182143	6,10E+09	8,6E-03	83
21	21 -- 22			182143	6,60E+09	7,1E-03	61
22	22 -- 23			182143	7,10E+09	5,8E-03	43
23	23 -- 24			182143	7,60E+09	4,6E-03	29
24	24 -- 25			182143	8,11E+09	3,5E-03	18
25	25 -- 26			182143	8,61E+09	2,5E-03	9
26	26 -- 27			182143	9,11E+09	1,5E-03	4
27	27 -- 28			182143	9,56E+09	7,4E-04	1
28	28 -- 29			182143	1,00E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

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

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

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

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

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

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

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

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

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

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

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

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

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

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

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

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

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

$N_k = 10^7$

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

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

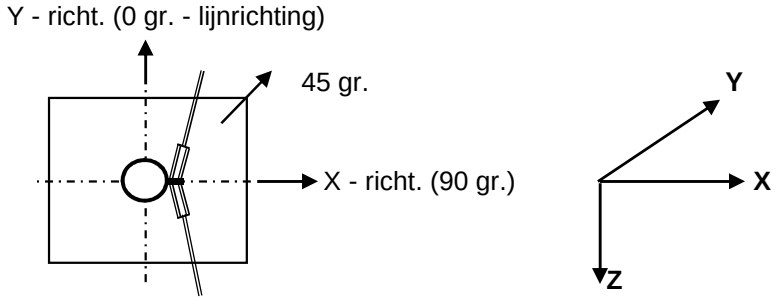
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

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

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

7.0 - Fundatie belastingen

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



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

Samenvatting Fundatiebelastingen

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

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

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

Maximale trekkracht in de anker :

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

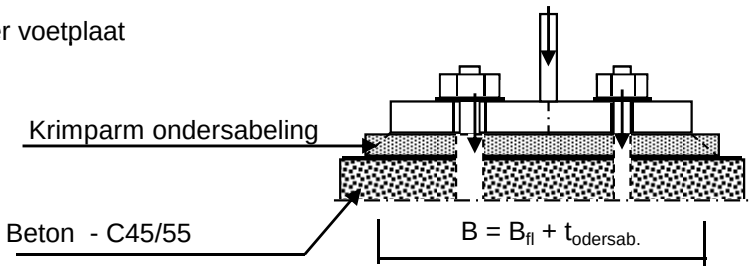
Maximale voorspanning in de anker :

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

Maximale drukkrackt :

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

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

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

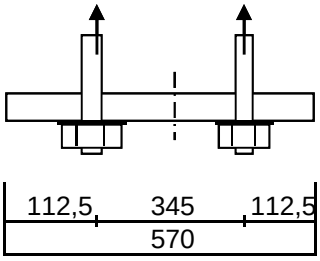
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

B = 590,0 mm

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

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

B - drukspanning onder instortring

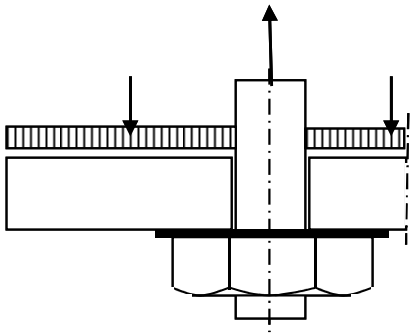


D = 2565 mm
n = 88

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

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

Dikte instortring



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

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

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

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

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

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

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

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

vergelijkingsspanning :

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

Bijlage A

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

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

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+O)"

Mast 3

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

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

Inhoudsopgave.

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

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

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

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

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

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

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

1.3 – Randvoorwaarden.

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

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

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

B - Fundatie.

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

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

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

B - Bouten en moeren.

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

C - Lassen in de primaire constructie.

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

1.6 - Belastingen.

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

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

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2H400(+0)”

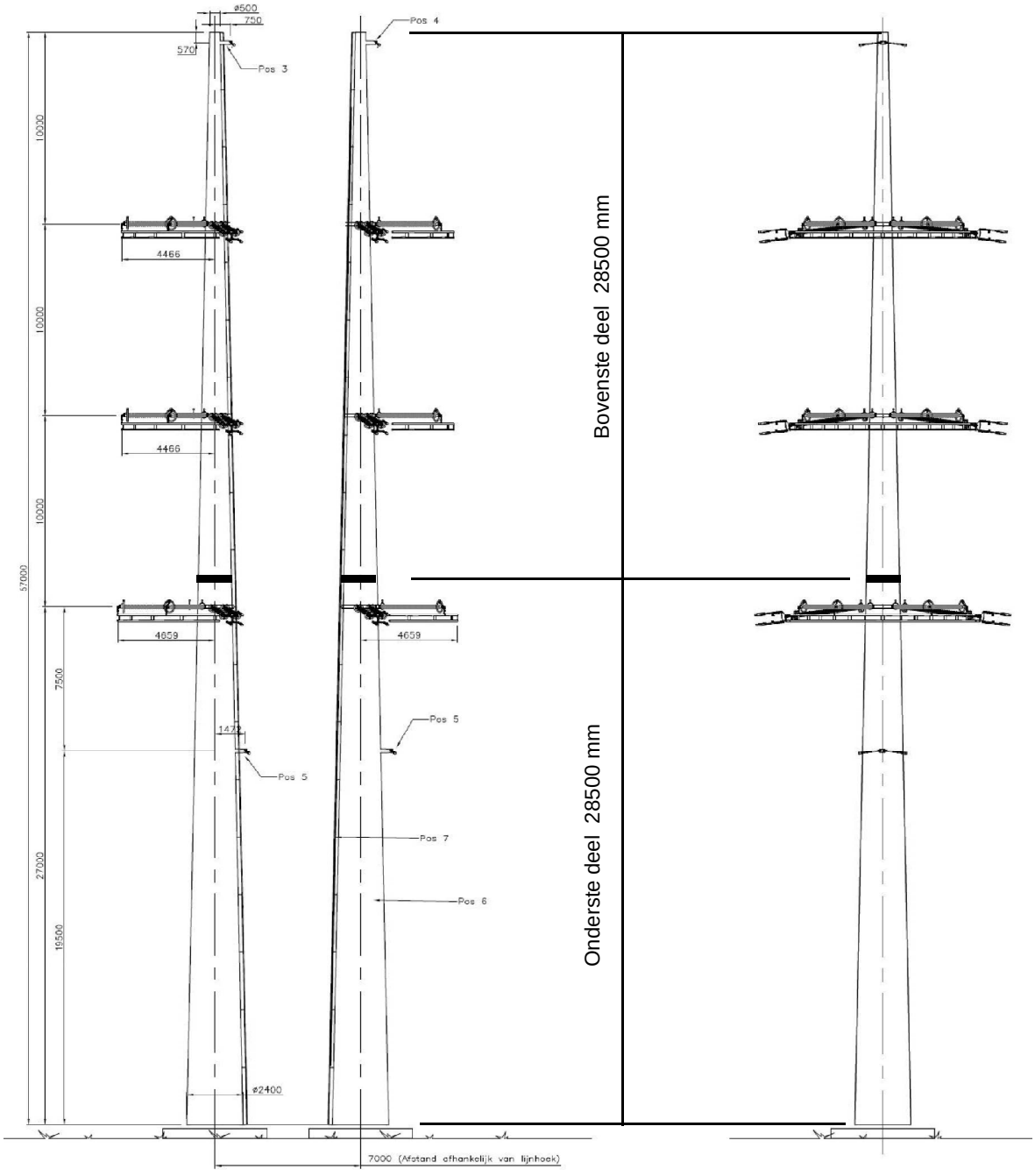
Berekening

W2H400+0

57,0 m - 2400 - 500

Mast 3

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	56,72
2	2280	595	519	n.v.t.	2	1	55,29
3	2850	690	595	n.v.t.	2	1	52,73
4	2850	785	690	n.v.t.	2	1	49,88
5	1450	833	785	n.v.t.	2	1	47,73
6	1400	880	833	n.v.t.	2	1	46,30
7	2850	975	880	n.v.t.	2	1	44,18
8	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
9	2850	1165	1070	n.v.t.	2	1	38,48
10	50	1167	1165	n.v.t.	2	1	37,03
11	2800	1260	1167	n.v.t.	2	1	35,60
12	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
13	2850	1450	1355	n.v.t.	2	1	29,93
14	1500	1500	1450	n.v.t.	2	1	27,75
15	1350	1545	1500	n.v.t.	2	1	26,33
16	1425	1593	1545	n.v.t.	2	1	24,94
17	1425	1640	1593	n.v.t.	2	1	23,51
18	1425	1688	1593	n.v.t.	2	1	22,09
19	1425	1735	1688	n.v.t.	2	1	20,66
20	450	1750	1735	n.v.t.	2	1	19,73
21	2400	1830	1750	n.v.t.	2	1	18,30
22	2850	1925	1830	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2020	1925	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2115	2020	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2210	2115	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2305	2210	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2305	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	557	15,0	25541	200,50	9,39E+08	191,70	3,37E+06
3	643	15,0	29570	232,13	1,46E+09	221,92	4,53E+06
4	738	15,0	34047	267,27	2,22E+09	255,50	6,03E+06
5	809	15,0	37424	293,78	2,95E+09	280,83	7,30E+06
6	857	15,0	39663	311,35	3,51E+09	297,62	8,20E+06
7	928	18,0	51431	403,73	5,32E+09	321,62	1,15E+07
8	1023	18,0	56803	445,90	7,17E+09	355,20	1,40E+07
9	1118	18,0	62175	488,08	9,40E+09	388,78	1,68E+07
10	1166	20,0	71995	565,16	1,18E+10	405,17	2,03E+07
11	1213	20,0	74979	588,59	1,34E+10	421,97	2,20E+07
12	1308	20,0	80896	635,03	1,68E+10	455,25	2,56E+07
13	1403	20,0	86865	681,89	2,08E+10	488,84	2,96E+07
14	1475	25,0	113883	893,98	2,99E+10	512,73	4,06E+07
15	1523	25,0	117613	923,26	3,30E+10	529,52	4,33E+07
16	1569	25,0	121246	951,78	3,61E+10	545,87	4,61E+07
17	1616	25,0	124976	981,07	3,96E+10	562,66	4,90E+07
18	1640	25,0	126842	995,71	4,14E+10	571,06	5,04E+07
19	1711	25,0	132438	1039,64	4,71E+10	596,24	5,50E+07
20	1743	25,0	134892	1058,90	4,97E+10	607,29	5,71E+07
21	1790	25,0	138623	1088,19	5,40E+10	624,08	6,03E+07
22	1878	28,0	162691	1277,12	6,96E+10	653,97	7,41E+07
23	1973	28,0	171047	1342,72	8,09E+10	687,56	8,20E+07
24	2068	28,0	179404	1408,32	9,33E+10	721,14	9,03E+07
25	2163	28,0	187760	1473,92	1,07E+11	754,72	9,89E+07
26	2258	28,0	196117	1539,52	1,22E+11	788,31	1,08E+08
27	2353	28,0	204474	1605,12	1,38E+11	821,89	1,17E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	570	2,33E+04	7,13E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	2,55E+04	9,39E+08
3	54150	3 -- 4	3	2850	2,96E+04	1,46E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	3,40E+04	2,22E+09
5	48450	5 -- 6	5	1450	3,74E+04	2,95E+09
6	47000	6 -- 7	6	1400	3,97E+04	3,51E+09
7	45600	7 -- 8	7	2850	5,14E+04	5,32E+09
8	42750	8 -- 9	8	2850	5,68E+04	7,17E+09
9	39900	9 -- 10	9	2850	6,22E+04	9,40E+09
10	37050	10 -- 11	10	50	7,20E+04	1,18E+10
11	37000	11 -- 12	11	2800	7,50E+04	1,34E+10
12	34200	12 -- 13	12	2850	8,09E+04	1,68E+10
13	31350	13 -- 14	13	2850	8,69E+04	2,08E+10
14	28500	14 -- 15	14	1500	1,14E+05	2,99E+10
15	27000	15 -- 16	15	1350	1,18E+05	3,30E+10
16	25650	16 -- 17	16	1425	1,21E+05	3,61E+10
17	24225	17 -- 18	17	1425	1,25E+05	3,96E+10
18	22800	18 -- 19	18	1425	1,27E+05	4,14E+10
19	21375	19 -- 20	19	1425	1,32E+05	4,71E+10
20	19950	20 -- 21	20	450	1,35E+05	4,97E+10
21	19500	21 -- 22	21	2400	1,39E+05	5,40E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,63E+05	6,96E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,71E+05	8,09E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,79E+05	9,33E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,88E+05	1,07E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,96E+05	1,22E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,04E+05	1,38E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,72	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,29	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
3	52,73	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
4	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
5	47,73	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
6	46,30	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
7	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
8	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
9	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
10	37,03	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
11	35,60	0,21	1,08	29,29	0,19	1261
12	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
13	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
14	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
15	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
16	24,94	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
17	23,51	0,21	1,00	26,95	0,21	1120
18	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
19	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
20	19,73	0,21	0,96	25,95	0,22	1063
21	18,30	0,21	0,95	25,53	0,22	1039
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	300	0,30	0,00	2,08E-02	679,50
2	2 -- 3	4913	3860	5,29	0,49	2,08E-02	667,66
3	3 -- 4	7043		10,20	18,15	2,07E-02	620,35
4	4 -- 5	8045		17,24	57,26	2,03E-02	561,79
5	5 -- 6	4477		25,29	117,87	1,98E-02	504,45
6	6 -- 7	4569	29696	59,46	157,79	1,95E-02	475,93
7	7 -- 8	11934		64,03	244,23	1,91E-02	448,87
8	8 -- 9	13136		75,97	443,73	1,83E-02	395,49
9	9 -- 10	14338		89,10	678,95	1,72E-02	344,87
10	10 -- 11	290		103,44	953,32	1,60E-02	297,43
11	11 -- 12	16900	30096	133,82	958,50	1,60E-02	296,63
12	12 -- 13	18526		150,73	1356,87	1,49E-02	253,34
13	13 -- 14	19861		169,25	1812,84	1,36E-02	212,75
14	14 -- 15	13635	9037	198,15	2323,51	1,22E-02	175,92
15	15 -- 16	12667	30578	242,36	2630,96	1,16E-02	158,02
16	16 -- 17	13777		255,03	2966,69	1,11E-02	142,67
17	17 -- 18	14194		268,81	3339,93	1,05E-02	127,29
18	18 -- 19	14403		283,00	3733,09	9,89E-03	112,76
19	19 -- 20	15029		297,40	4146,62	9,24E-03	99,12
20	20 -- 21	4833		312,43	4581,13	8,61E-03	86,39
21	21 -- 22	26477	7694	324,96	4722,81	8,41E-03	82,56
22	22 -- 23	36825		351,43	5534,48	7,33E-03	63,63
23	23 -- 24	38695		388,26	6588,54	6,15E-03	44,38
24	24 -- 25	40565		426,95	7750,21	4,95E-03	28,52
25	25 -- 26	42434		467,52	9024,84	3,73E-03	16,11
26	26 -- 27	44304		509,95	10417,73	2,50E-03	7,20
27	27 -- 28	46173		554,26	11934,23	1,25E-03	1,82
28			30510	630,94	13579,66	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	30,0	0,680	945,46	65,038
2	2 -- 3	491,3	386,0	0,668	5632,24	375,838
3	3 -- 4	704,3		0,620	4083,86	246,059
4	4 -- 5	804,5		0,562	4207,30	228,644
5	5 -- 6	447,7		0,504	2153,04	107,584
6	6 -- 7	456,9	2969,6	0,476	15937,34	770,336
7	7 -- 8	1193,4		0,449	4942,51	212,703
8	8 -- 9	1313,6		0,395	4770,16	180,000
9	9 -- 10	1433,8		0,345	4517,05	147,874
10	10 -- 11	29,0		0,297	84,53	2,559
11	11 -- 12	1690,0	3009,6	0,297	13316,87	392,614
12	12 -- 13	1852,6		0,253	4235,42	100,618
13	13 -- 14	1986,1		0,213	3786,43	75,009
14	14 -- 15	1363,5	903,7	0,176	3792,77	65,976
15	15 -- 16	1266,7	3057,8	0,158	6608,20	104,982
16	16 -- 17	1377,7		0,143	1824,26	25,101
17	17 -- 18	1419,4		0,127	1671,23	20,447
18	18 -- 19	1440,3		0,113	1496,79	16,164
19	19 -- 20	1502,9		0,099	1367,47	12,929
20	20 -- 21	483,3		0,086	400,46	3,448
21	21 -- 22	2647,7	769,4	0,083	2521,64	19,390
22	22 -- 23	3682,5		0,064	1950,95	10,740
23	23 -- 24	3869,5		0,044	1383,59	5,141
24	24 -- 25	4056,5		0,029	888,11	2,020
25	25 -- 26	4243,4		0,016	485,36	0,577
26	26 -- 27	4430,4		0,007	196,17	0,090
27	27 -- 28	4617,3		0,002	41,29	0,004
28			3051,0	0,000	0,00	0,000
				Som	93240	3192

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,86	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	928	0,991	0,570	0,56	519,63	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,34	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,91	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,20	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,45	1,05
6 -- 7	326	0,680	1,400	0,65	211,58	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,67	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,84	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,27	1,35
10 -- 11	60771	0,437	0,050	0,01	580,63	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,79	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	217,92	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,37	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	266,95	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,01	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,36	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,28	0,25
18 -- 19	1011	0,156	1,425	0,03	35,01	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,00	0,19
20 -- 21	2784	0,124	0,450	0,01	19,36	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,64	0,26
22 -- 23	1292	0,079	2,850	0,02	23,26	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,13	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,38	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2691	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,92	7042,44	19,54

m_e = 7042,4 / 11,9 = 590,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$$

$n = n_{1,x}$ =	0,86	Hz
b =	1,45	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

$$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$$

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,062	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,074	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,08

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,19	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,49	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,40	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$$

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,80
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,68 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,64

$c_s c_d$ = **1,10**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,81	0,63
2	31,8	1,18E+06	0,77	0,81	0,62
3	31,5	1,35E+06	0,77	0,81	0,62
4	31,2	1,53E+06	0,77	0,81	0,62
5	30,9	1,67E+06	0,77	0,81	0,62
6	30,8	1,76E+06	0,77	0,81	0,62
7	30,5	1,89E+06	0,77	0,81	0,62
8	30,1	2,05E+06	0,77	0,81	0,62
9	29,7	2,21E+06	0,77	0,81	0,62
10	29,5	2,29E+06	0,76	0,81	0,62
11	29,3	2,37E+06	0,76	0,81	0,62
12	28,8	2,51E+06	0,76	0,81	0,62
13	28,3	2,65E+06	0,76	0,81	0,62
14	27,9	2,74E+06	0,76	0,81	0,62
15	27,6	2,80E+06	0,76	0,81	0,62
16	27,3	2,85E+06	0,76	0,81	0,61
17	26,9	2,90E+06	0,76	0,81	0,61
18	26,6	2,91E+06	0,76	0,81	0,61
19	26,2	2,99E+06	0,76	0,81	0,61
20	26,0	3,01E+06	0,76	0,81	0,61
21	25,5	3,05E+06	0,75	0,81	0,61
22	24,7	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
23	23,5	3,09E+06	0,75	0,81	0,61
24	22,1	3,05E+06	0,75	0,81	0,60
25	20,2	2,91E+06	0,74	0,81	0,60
26	17,3	2,61E+06	0,73	0,81	0,59
27	16,9	2,66E+06	0,73	0,81	0,59

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - M, M1 en M2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Passieve run	19,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	47,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	37,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	27,00	0,000
Passieve run	19,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Passieve run	19,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1043	86	1128	0,182	0,068	394	0,691
2	4571	342	4913	0,794	0,274	1671	0,733
3	6616	428	7043	1,143	0,342	2296	0,806
4	7617	428	8045	1,310	0,342	2518	0,884
5	4260	218	4477	0,730	0,174	1363	0,940
6	4359	210	4569	0,746	0,168	1366	0,976
7	11506	428	11934	1,642	0,342	2930	1,028
8	12708	428	13136	1,808	0,342	3119	1,094
9	13910	428	14338	1,973	0,342	3294	1,156
10	283	8	290	0,036	0,006	59	1,185
11	16480	420	16900	2,101	0,336	3395	1,213
12	18098	428	18526	2,301	0,342	3599	1,263
13	19434	428	19861	2,464	0,342	3724	1,307
14	13410	225	13635	1,362	0,180	2003	1,335
15	12464	203	12667	1,264	0,162	1824	1,351
16	13563	214	13777	1,374	0,171	1945	1,365
17	13980	214	14194	1,414	0,171	1961	1,376
18	14189	214	14403	1,433	0,171	1949	1,367
19	14815	214	15029	1,493	0,171	1982	1,391
20	4765	68	4833	0,480	0,054	627	1,393
21	26117	360	26477	2,624	0,288	3342	1,393
22	36398	428	36825	3,259	0,342	3937	1,381
23	38268	428	38695	3,409	0,342	3844	1,349
24	40137	428	40565	3,554	0,342	3667	1,287
25	42007	428	42434	3,688	0,342	3359	1,179
26	43876	428	44304	3,795	0,342	2813	0,987
27	45746	428	46173	3,947	0,342	2834	0,994
	480619	8550	489169	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	65816

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2375	360	360	360	360
2	2 -- 3	2586	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2966				
4	4 -- 5	3387				
5	5 -- 6	3705				
6	6 -- 7	3916	35643	35623	60303	41657
7	7 -- 8	5025				
8	8 -- 9	5531				
9	9 -- 10	6037				
10	10 -- 11	6962				
11	11 -- 12	7243	36120	36102	60782	42136
12	12 -- 13	7800				
13	13 -- 14	8363				
14	14 -- 15	10908	10844	10844	10844	10844
15	15 -- 16	11259	36699	36681	61361	42715
16	16 -- 17	11601				
17	17 -- 18	11953				
18	18 -- 19	12128				
19	19 -- 20	12656				
20	20 -- 21	12887				
21	21 -- 22	13238	9234	9230	37352	12244
22	22 -- 23	15505				
23	23 -- 24	16293				
24	24 -- 25	17080				
25	25 -- 26	17867				
26	26 -- 27	18654				
27	27 -- 28	19441				
28			36612	36612	36612	36612

KEMA rapport - bijlage M - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	691				
2	2 -- 3	733	29530	17898	48662	19080
3	3 -- 4	806				
4	4 -- 5	884				
5	5 -- 6	940				
6	6 -- 7	976	184474	134292	192468	130952
7	7 -- 8	1028				
8	8 -- 9	1094				
9	9 -- 10	1156				
10	10 -- 11	1185				
11	11 -- 12	1213	175294	133292	189164	130034
12	12 -- 13	1263				
13	13 -- 14	1307				
14	14 -- 15	1335				
15	15 -- 16	1351	163368	132022	184980	128860
16	16 -- 17	1365				
17	17 -- 18	1376				
18	18 -- 19	1367				
19	19 -- 20	1391				
20	20 -- 21	1393				
21	21 -- 22	1393	45248	34972	89848	37706
22	22 -- 23	1381				
23	23 -- 24	1349				
24	24 -- 25	1287				
25	25 -- 26	1179				
26	26 -- 27	987				
27	27 -- 28	994				
28						

KEMA rapport - bijlage M2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1106				
2	2 -- 3	1173	39998	21378	64384	23584
3	3 -- 4	1289				
4	4 -- 5	1414				
5	5 -- 6	1504				
6	6 -- 7	1562	244224	157372	244008	158050
7	7 -- 8	1645				
8	8 -- 9	1751				
9	9 -- 10	1849				
10	10 -- 11	1896				
11	11 -- 12	1940	230532	155768	238992	156602
12	12 -- 13	2020				
13	13 -- 14	2091				
14	14 -- 15	2136				
15	15 -- 16	2162	212526	153732	232622	154758
16	16 -- 17	2184				
17	17 -- 18	2202				
18	18 -- 19	2188				
19	19 -- 20	2225				
20	20 -- 21	2228				
21	21 -- 22	2228	59254	41026	117594	46024
22	22 -- 23	2210				
23	23 -- 24	2158				
24	24 -- 25	2059				
25	25 -- 26	1886				
26	26 -- 27	1579				
27	27 -- 28	1591				
28						

KEMA rapport - bijlage M - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	394		0	0,00E+00	3,39E-03	104
2	2 -- 3	1671		394	1,22E+05	3,39E-03	102
3	3 -- 4	2296		2065	3,00E+06	3,37E-03	94
4	4 -- 5	2518		4362	1,23E+07	3,31E-03	84
5	5 -- 6	1363		6880	2,86E+07	3,19E-03	75
6	6 -- 7	1366		8243	3,98E+07	3,11E-03	71
7	7 -- 8	2930		9609	5,26E+07	3,02E-03	66
8	8 -- 9	3119		12539	8,48E+07	2,85E-03	58
9	9 -- 10	3294		15658	1,26E+08	2,65E-03	50
10	10 -- 11	59		18951	1,76E+08	2,43E-03	43
11	11 -- 12	3395		19011	1,77E+08	2,43E-03	43
12	12 -- 13	3599		22406	2,36E+08	2,23E-03	36
13	13 -- 14	3724		26004	3,06E+08	2,01E-03	30
14	14 -- 15	2003		29728	3,86E+08	1,78E-03	25
15	15 -- 16	1824		31731	4,33E+08	1,69E-03	22
16	16 -- 17	1945		33556	4,77E+08	1,60E-03	20
17	17 -- 18	1961		35501	5,27E+08	1,50E-03	18
18	18 -- 19	1949		37462	5,80E+08	1,41E-03	16
19	19 -- 20	1982		39410	6,35E+08	1,31E-03	14
20	20 -- 21	627		41392	6,93E+08	1,21E-03	12
21	21 -- 22	3342		42019	7,12E+08	1,18E-03	11
22	22 -- 23	3937		45361	8,18E+08	1,02E-03	9
23	23 -- 24	3844		49298	9,54E+08	8,48E-04	6
24	24 -- 25	3667		53143	1,10E+09	6,76E-04	4
25	25 -- 26	3359		56810	1,26E+09	5,05E-04	2
26	26 -- 27	2813		60169	1,43E+09	3,35E-04	1
27	27 -- 28	2834		62982	1,60E+09	1,66E-04	0
28				65816	1,79E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,75E-02	1463
2	2 -- 3		29530	170751	1,41E+05	4,75E-02	1436
3	3 -- 4			1257462	6,86E+07	4,71E-02	1328
4	4 -- 5			3519083	1,55E+08	4,61E-02	1195
5	5 -- 6			6754795	2,42E+08	4,49E-02	1066
6	6 -- 7		184474	10730239	2,89E+08	4,43E-02	1001
7	7 -- 8			14611844	5,92E+08	4,34E-02	940
8	8 -- 9			23672375	1,21E+09	4,11E-02	819
9	9 -- 10			33646166	1,83E+09	3,83E-02	705
10	10 -- 11			44353810	2,45E+09	3,52E-02	600
11	11 -- 12		175294	44761326	2,46E+09	3,51E-02	599
12	12 -- 13			58811586	3,57E+09	3,21E-02	504
13	13 -- 14			73355778	4,69E+09	2,88E-02	417
14	14 -- 15			88491466	5,82E+09	2,54E-02	340
15	15 -- 16		163368	97504899	6,41E+09	2,39E-02	303
16	16 -- 17			105414872	7,16E+09	2,26E-02	272
17	17 -- 18			113697790	7,96E+09	2,12E-02	240
18	18 -- 19			121850532	8,75E+09	1,97E-02	211
19	19 -- 20			129804794	9,55E+09	1,82E-02	184
20	20 -- 21			137515932	1,03E+10	1,68E-02	159
21	21 -- 22		45248	139956701	1,06E+10	1,63E-02	152
22	22 -- 23			152609209	1,20E+10	1,39E-02	115
23	23 -- 24			166527267	1,38E+10	1,14E-02	79
24	24 -- 25			178840156	1,55E+10	8,97E-03	50
25	25 -- 26			189137919	1,72E+10	6,60E-03	28
26	26 -- 27			197012690	1,89E+10	4,31E-03	12
27	27 -- 28			202058261	2,06E+10	2,11E-03	3
28	28 -- 29			203961797	2,23E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,39E-02	1064
2	2 -- 3		17898	17898	1,01E+05	3,39E-02	1045
3	3 -- 4			17898	4,17E+07	3,36E-02	968
4	4 -- 5			17898	9,43E+07	3,30E-02	873
5	5 -- 6			17898	1,48E+08	3,23E-02	779
6	6 -- 7		134292	152190	1,76E+08	3,19E-02	733
7	7 -- 8			152190	3,92E+08	3,14E-02	689
8	8 -- 9			152190	8,32E+08	2,98E-02	601
9	9 -- 10			152190	1,27E+09	2,78E-02	519
10	10 -- 11			152190	1,71E+09	2,57E-02	443
11	11 -- 12		133292	285482	1,72E+09	2,56E-02	441
12	12 -- 13			285482	2,53E+09	2,35E-02	372
13	13 -- 14			285482	3,36E+09	2,11E-02	309
14	14 -- 15			285482	4,18E+09	1,87E-02	252
15	15 -- 16		132022	417504	4,62E+09	1,76E-02	225
16	16 -- 17			417504	5,19E+09	1,67E-02	201
17	17 -- 18			417504	5,79E+09	1,56E-02	178
18	18 -- 19			417504	6,39E+09	1,46E-02	157
19	19 -- 20			417504	6,99E+09	1,35E-02	137
20	20 -- 21			417504	7,59E+09	1,24E-02	118
21	21 -- 22		34972	452476	7,78E+09	1,21E-02	113
22	22 -- 23			452476	8,87E+09	1,03E-02	86
23	23 -- 24			452476	1,02E+10	8,49E-03	59
24	24 -- 25			452476	1,15E+10	6,68E-03	37
25	25 -- 26			452476	1,28E+10	4,91E-03	21
26	26 -- 27			452476	1,41E+10	3,21E-03	9
27	27 -- 28			452476	1,54E+10	1,57E-03	2
28				452476	1,66E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,69E-02	1697
2	2 -- 3		48662	48662	1,69E+05	5,69E-02	1664
3	3 -- 4			48662	1,12E+08	5,63E-02	1535
4	4 -- 5			48662	2,54E+08	5,46E-02	1377
5	5 -- 6			48662	3,96E+08	5,26E-02	1224
6	6 -- 7		192468	241130	4,71E+08	5,16E-02	1148
7	7 -- 8			241130	8,13E+08	5,04E-02	1077
8	8 -- 9			241130	1,51E+09	4,74E-02	937
9	9 -- 10			241130	2,21E+09	4,39E-02	806
10	10 -- 11			241130	2,91E+09	4,02E-02	686
11	11 -- 12		189164	430294	2,92E+09	4,02E-02	684
12	12 -- 13			430294	4,14E+09	3,67E-02	576
13	13 -- 14			430294	5,39E+09	3,28E-02	477
14	14 -- 15			430294	6,63E+09	2,89E-02	389
15	15 -- 16		184980	615274	7,28E+09	2,72E-02	347
16	16 -- 17			615274	8,12E+09	2,57E-02	311
17	17 -- 18			615274	9,01E+09	2,41E-02	276
18	18 -- 19			615274	9,90E+09	2,25E-02	242
19	19 -- 20			615274	1,08E+10	2,08E-02	211
20	20 -- 21			615274	1,17E+10	1,92E-02	183
21	21 -- 22		89848	705122	1,19E+10	1,87E-02	174
22	22 -- 23			705122	1,37E+10	1,60E-02	133
23	23 -- 24			705122	1,57E+10	1,31E-02	91
24	24 -- 25			705122	1,77E+10	1,03E-02	58
25	25 -- 26			705122	1,97E+10	7,60E-03	32
26	26 -- 27			705122	2,17E+10	4,97E-03	14
27	27 -- 28			705122	2,38E+10	2,43E-03	4
28				705122	2,58E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,36E-02	1051
2	2 -- 3		19080	19080	1,00E+05	3,36E-02	1032
3	3 -- 4			19080	4,44E+07	3,34E-02	955
4	4 -- 5			19080	1,00E+08	3,27E-02	861
5	5 -- 6			19080	1,57E+08	3,19E-02	769
6	6 -- 7		130952	150032	1,87E+08	3,15E-02	723
7	7 -- 8			150032	4,00E+08	3,10E-02	679
8	8 -- 9			150032	8,34E+08	2,94E-02	592
9	9 -- 10			150032	1,27E+09	2,74E-02	511
10	10 -- 11			150032	1,70E+09	2,53E-02	436
11	11 -- 12		130034	280066	1,71E+09	2,53E-02	435
12	12 -- 13			280066	2,51E+09	2,32E-02	367
13	13 -- 14			280066	3,31E+09	2,08E-02	304
14	14 -- 15			280066	4,12E+09	1,84E-02	248
15	15 -- 16		128860	408926	4,55E+09	1,73E-02	221
16	16 -- 17			408926	5,11E+09	1,64E-02	198
17	17 -- 18			408926	5,70E+09	1,54E-02	176
18	18 -- 19			408926	6,29E+09	1,44E-02	154
19	19 -- 20			408926	6,87E+09	1,33E-02	135
20	20 -- 21			408926	7,46E+09	1,22E-02	117
21	21 -- 22		37706	446632	7,65E+09	1,19E-02	111
22	22 -- 23			446632	8,73E+09	1,02E-02	85
23	23 -- 24			446632	1,00E+10	8,36E-03	58
24	24 -- 25			446632	1,13E+10	6,57E-03	37
25	25 -- 26			446632	1,26E+10	4,84E-03	20
26	26 -- 27			446632	1,39E+10	3,16E-03	9
27	27 -- 28			446632	1,51E+10	1,55E-03	2
28				446632	1,64E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,35E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,35E-04	2
3	3 -- 4				2,82E+06	1,02E-04	1
4	4 -- 5				2,82E+06	7,58E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	5,86E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,20E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,67E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	3,95E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,41E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,01E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,00E-05	1
12	12 -- 13				2,82E+06	2,72E-05	0
13	13 -- 14				2,82E+06	2,49E-05	0
14	14 -- 15				2,82E+06	2,31E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	2,24E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	2,18E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	2,13E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	2,08E-05	0
19	19 -- 20				2,82E+06	2,04E-05	0
20	20 -- 21				2,82E+06	2,00E-05	0
21	21 -- 22				1,88E+07	1,98E-05	0
22	22 -- 23				1,88E+07	1,59E-05	0
23	23 -- 24				1,88E+07	1,22E-05	0
24	24 -- 25				1,88E+07	9,05E-06	0
25	25 -- 26				1,88E+07	6,32E-06	0
26	26 -- 27				1,88E+07	3,94E-06	0
27	27 -- 28				1,88E+07	1,85E-06	0
28					1,88E+07	0,00E+00	0

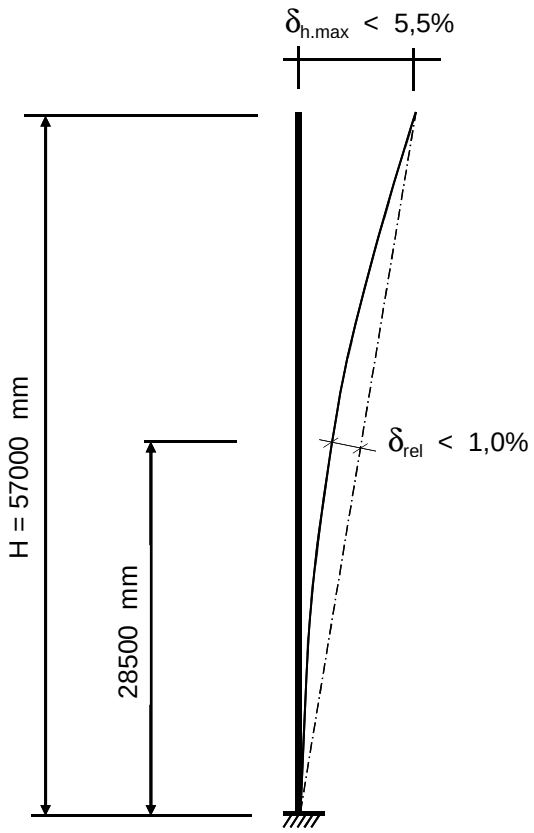
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,8E-02	1730
2	2 -- 3	5,8E-02	1697
3	3 -- 4	5,7E-02	1565
4	4 -- 5	5,6E-02	1403
5	5 -- 6	5,4E-02	1247
6	6 -- 7	5,3E-02	1170
7	7 -- 8	5,1E-02	1098
8	8 -- 9	4,8E-02	955
9	9 -- 10	4,5E-02	822
10	10 -- 11	4,1E-02	700
11	11 -- 12	4,1E-02	698
12	12 -- 13	3,7E-02	588
13	13 -- 14	3,3E-02	487
14	14 -- 15	2,9E-02	397
15	15 -- 16	2,8E-02	354
16	16 -- 17	2,6E-02	317
17	17 -- 18	2,5E-02	281
18	18 -- 19	2,3E-02	247
19	19 -- 20	2,1E-02	216
20	20 -- 21	2,0E-02	187
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	135
23	23 -- 24	1,3E-02	93
24	24 -- 25	1,1E-02	59
25	25 -- 26	7,8E-03	33
26	26 -- 27	5,1E-03	14
27	27 -- 28	2,5E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1730 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,03 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 14 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 397 mm
α = 1,74 graden

δ_{rel} = 468 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,82 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	591	360	0	0,00E+00	5,01E-03	154
2	2 -- 3	2507	6346	591	1,68E+05	5,01E-03	151
3	3 -- 4	3445	12242	3098	4,37E+06	4,99E-03	139
4	4 -- 5	3777	20693	6543	1,81E+07	4,89E-03	125
5	5 -- 6	2044	30347	10320	4,21E+07	4,72E-03	111
6	6 -- 7	2050	71363	12364	5,86E+07	4,60E-03	105
7	7 -- 8	4395	76845	14413	7,73E+07	4,47E-03	98
8	8 -- 9	4678	91166	18809	1,25E+08	4,22E-03	86
9	9 -- 10	4941	106929	23486	1,85E+08	3,92E-03	74
10	10 -- 11	89	124134	28427	2,59E+08	3,61E-03	64
11	11 -- 12	5093	160602	28516	2,60E+08	3,60E-03	63
12	12 -- 13	5398	180883	33609	3,47E+08	3,30E-03	54
13	13 -- 14	5586	203114	39006	4,51E+08	2,98E-03	45
14	14 -- 15	3004	237791	44592	5,70E+08	2,64E-03	37
15	15 -- 16	2737	290852	47597	6,39E+08	2,50E-03	33
16	16 -- 17	2918	306052	50333	7,05E+08	2,37E-03	30
17	17 -- 18	2942	322584	53251	7,79E+08	2,23E-03	26
18	18 -- 19	2923	339616	56193	8,57E+08	2,09E-03	23
19	19 -- 20	2973	356899	59116	9,39E+08	1,94E-03	20
20	20 -- 21	940	374934	62088	1,03E+09	1,80E-03	18
21	21 -- 22	5013	389967	63028	1,05E+09	1,76E-03	17
22	22 -- 23	5906	421739	68042	1,21E+09	1,52E-03	13
23	23 -- 24	5766	465929	73948	1,41E+09	1,26E-03	9
24	24 -- 25	5500	512363	79714	1,63E+09	1,00E-03	6
25	25 -- 26	5039	561041	85214	1,87E+09	7,50E-04	3
26	26 -- 27	4219	611962	90253	2,12E+09	4,98E-04	1
27	27 -- 28	4251	665126	94473	2,38E+09	2,47E-04	0
28			757146	98724	2,66E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,22E-02	1913
2	2 -- 3		39998	39998	0,00E+00	6,22E-02	1877
3	3 -- 4			39998	9,12E+07	6,17E-02	1736
4	4 -- 5			39998	2,05E+08	6,03E-02	1562
5	5 -- 6			39998	3,19E+08	5,87E-02	1392
6	6 -- 7		244224	284222	3,77E+08	5,79E-02	1308
7	7 -- 8			284222	7,75E+08	5,68E-02	1227
8	8 -- 9			284222	1,59E+09	5,38E-02	1069
9	9 -- 10			284222	2,40E+09	5,00E-02	921
10	10 -- 11			284222	3,21E+09	4,59E-02	784
11	11 -- 12		230532	514754	3,22E+09	4,59E-02	782
12	12 -- 13			514754	4,66E+09	4,19E-02	658
13	13 -- 14			514754	6,13E+09	3,76E-02	545
14	14 -- 15			514754	7,59E+09	3,31E-02	444
15	15 -- 16		212526	727280	8,37E+09	3,12E-02	396
16	16 -- 17			727280	9,35E+09	2,95E-02	355
17	17 -- 18			727280	1,04E+10	2,76E-02	314
18	18 -- 19			727280	1,14E+10	2,57E-02	276
19	19 -- 20			727280	1,25E+10	2,38E-02	241
20	20 -- 21			727280	1,35E+10	2,19E-02	208
21	21 -- 22		59254	786534	1,38E+10	2,13E-02	198
22	22 -- 23			786534	1,57E+10	1,82E-02	151
23	23 -- 24			786534	1,80E+10	1,49E-02	103
24	24 -- 25			786534	2,02E+10	1,17E-02	65
25	25 -- 26			786534	2,24E+10	8,62E-03	36
26	26 -- 27			786534	2,47E+10	5,63E-03	16
27	27 -- 28			786534	2,69E+10	2,75E-03	4
28				786534	2,92E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,92E-02	1232
2	2 -- 3		21378	21378	0,00E+00	3,92E-02	1210
3	3 -- 4			21378	4,87E+07	3,90E-02	1121
4	4 -- 5			21378	1,10E+08	3,82E-02	1010
5	5 -- 6			21378	1,71E+08	3,74E-02	903
6	6 -- 7		157372	178750	2,02E+08	3,69E-02	849
7	7 -- 8			178750	4,52E+08	3,63E-02	798
8	8 -- 9			178750	9,61E+08	3,45E-02	696
9	9 -- 10			178750	1,47E+09	3,22E-02	601
10	10 -- 11			178750	1,98E+09	2,97E-02	513
11	11 -- 12		155768	334518	1,99E+09	2,97E-02	511
12	12 -- 13			334518	2,93E+09	2,72E-02	431
13	13 -- 14			334518	3,88E+09	2,45E-02	358
14	14 -- 15			334518	4,83E+09	2,16E-02	292
15	15 -- 16		153732	488250	5,33E+09	2,04E-02	260
16	16 -- 17			488250	5,99E+09	1,93E-02	233
17	17 -- 18			488250	6,69E+09	1,81E-02	207
18	18 -- 19			488250	7,38E+09	1,69E-02	182
19	19 -- 20			488250	8,08E+09	1,56E-02	159
20	20 -- 21			488250	8,78E+09	1,44E-02	137
21	21 -- 22		41026	529276	9,00E+09	1,40E-02	131
22	22 -- 23			529276	1,03E+10	1,20E-02	100
23	23 -- 24			529276	1,18E+10	9,84E-03	68
24	24 -- 25			529276	1,33E+10	7,74E-03	43
25	25 -- 26			529276	1,48E+10	5,70E-03	24
26	26 -- 27			529276	1,63E+10	3,72E-03	11
27	27 -- 28			529276	1,78E+10	1,82E-03	3
28				529276	1,93E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,21E-02	2142
2	2 -- 3		64384	64384	0,00E+00	7,21E-02	2100
3	3 -- 4			64384	1,47E+08	7,13E-02	1937
4	4 -- 5			64384	3,30E+08	6,91E-02	1736
5	5 -- 6			64384	5,14E+08	6,65E-02	1543
6	6 -- 7		244008	308392	6,07E+08	6,52E-02	1447
7	7 -- 8			308392	1,04E+09	6,36E-02	1357
8	8 -- 9			308392	1,92E+09	5,98E-02	1181
9	9 -- 10			308392	2,80E+09	5,54E-02	1016
10	10 -- 11			308392	3,68E+09	5,07E-02	864
11	11 -- 12		238992	547384	3,69E+09	5,06E-02	862
12	12 -- 13			547384	5,22E+09	4,62E-02	726
13	13 -- 14			547384	6,78E+09	4,13E-02	601
14	14 -- 15			547384	8,34E+09	3,64E-02	490
15	15 -- 16		232622	780006	9,16E+09	3,43E-02	437
16	16 -- 17			780006	1,02E+10	3,24E-02	392
17	17 -- 18			780006	1,13E+10	3,04E-02	347
18	18 -- 19			780006	1,24E+10	2,83E-02	305
19	19 -- 20			780006	1,36E+10	2,62E-02	266
20	20 -- 21			780006	1,47E+10	2,42E-02	231
21	21 -- 22		117594	897600	1,50E+10	2,35E-02	220
22	22 -- 23			897600	1,72E+10	2,01E-02	167
23	23 -- 24			897600	1,97E+10	1,65E-02	115
24	24 -- 25			897600	2,23E+10	1,30E-02	73
25	25 -- 26			897600	2,48E+10	9,58E-03	40
26	26 -- 27			897600	2,74E+10	6,26E-03	18
27	27 -- 28			897600	3,00E+10	3,07E-03	4
28				897600	3,25E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,02E-02	1255
2	2 -- 3		23584	23584	0,00E+00	4,02E-02	1232
3	3 -- 4			23584	5,38E+07	3,99E-02	1141
4	4 -- 5			23584	1,21E+08	3,91E-02	1028
5	5 -- 6			23584	1,88E+08	3,81E-02	918
6	6 -- 7		158050	181634	2,22E+08	3,77E-02	863
7	7 -- 8			181634	4,77E+08	3,70E-02	810
8	8 -- 9			181634	9,94E+08	3,51E-02	707
9	9 -- 10			181634	1,51E+09	3,27E-02	610
10	10 -- 11			181634	2,03E+09	3,02E-02	521
11	11 -- 12		156602	338236	2,04E+09	3,01E-02	519
12	12 -- 13			338236	2,99E+09	2,76E-02	438
13	13 -- 14			338236	3,95E+09	2,48E-02	363
14	14 -- 15			338236	4,91E+09	2,19E-02	296
15	15 -- 16		154758	492994	5,42E+09	2,07E-02	264
16	16 -- 17			492994	6,09E+09	1,96E-02	237
17	17 -- 18			492994	6,79E+09	1,84E-02	210
18	18 -- 19			492994	7,49E+09	1,71E-02	185
19	19 -- 20			492994	8,19E+09	1,59E-02	161
20	20 -- 21			492994	8,90E+09	1,46E-02	139
21	21 -- 22		46024	539018	9,12E+09	1,42E-02	133
22	22 -- 23			539018	1,04E+10	1,22E-02	101
23	23 -- 24			539018	1,19E+10	9,99E-03	69
24	24 -- 25			539018	1,35E+10	7,86E-03	44
25	25 -- 26			539018	1,50E+10	5,79E-03	24
26	26 -- 27			539018	1,66E+10	3,78E-03	11
27	27 -- 28			539018	1,81E+10	1,85E-03	3
28				539018	1,96E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,62E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,62E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,22E-04	2
4	4 -- 5				3,38E+06	9,10E-05	1
5	5 -- 6				3,38E+06	7,03E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	6,24E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	5,60E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	4,74E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	4,10E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	3,61E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	3,60E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,26E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	2,99E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	2,77E-05	0
15	15 -- 16				3,38E+06	2,69E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	2,62E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	2,56E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	2,50E-05	0
19	19 -- 20				3,38E+06	2,44E-05	0
20	20 -- 21				3,38E+06	2,40E-05	0
21	21 -- 22				2,25E+07	2,38E-05	0
22	22 -- 23				2,25E+07	1,90E-05	0
23	23 -- 24				2,25E+07	1,46E-05	0
24	24 -- 25				2,25E+07	1,09E-05	0
25	25 -- 26				2,25E+07	7,59E-06	0
26	26 -- 27				2,25E+07	4,73E-06	0
27	27 -- 28				2,25E+07	2,21E-06	0
28					2,25E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	Q_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,38	64,56	14,09
3	3 -- 4	26,28	65,31	162,15
4	4 -- 5	34,73	66,35	349,77
5	5 -- 6	44,38	67,48	540,47
6	6 -- 7	110,06	312,10	638,76
7	7 -- 8	115,54	312,72	1076,13
8	8 -- 9	129,86	314,03	1969,25
9	9 -- 10	145,63	315,44	2866,25
10	10 -- 11	162,83	316,92	3767,36
11	11 -- 12	223,96	555,94	3783,21
12	12 -- 13	244,24	557,47	5341,97
13	13 -- 14	266,47	559,09	6933,06
14	14 -- 15	301,15	562,32	8528,84
15	15 -- 16	378,87	794,29	9370,66
16	16 -- 17	394,07	795,11	10443,50
17	17 -- 18	410,60	795,98	11577,15
18	18 -- 19	427,64	796,86	12712,05
19	19 -- 20	444,92	797,74	13848,21
20	20 -- 21	462,95	798,63	14985,62
21	21 -- 22	506,10	916,51	15422,58
22	22 -- 23	537,88	918,01	17624,00
23	23 -- 24	582,07	919,78	20242,86
24	24 -- 25	628,50	921,51	22866,71
25	25 -- 26	677,18	923,16	25495,38
26	26 -- 27	728,10	924,68	28128,55
27	27 -- 28	781,26	925,94	30765,68
28		873,28	927,22	33406,43

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 880	14,09	20,38	33	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 880	162,15	26,28	132	166,3	1372,4	0,12
3	500 / 880	349,77	34,73	161	359,5	1865,0	0,20
4	500 / 880	540,47	44,38	156	557,1	2433,2	0,23
5	500 / 880	638,76	110,06	77	663,9	2751,2	0,25
6	500 / 880	1076,13	115,54	73	1109,7	3076,8	0,37
7	880 / 1165	1969,25	129,86	142	2021,3	4513,1	0,45
8	880 / 1165	2866,25	145,63	133	2937,7	5462,4	0,54
9	880 / 1165	3767,36	162,83	122	3858,7	6502,2	0,60
10	1165 / 1450	3783,21	223,96	2	3875,0	7208,5	0,55
11	1165 / 1450	5341,97	244,24	110	5460,6	8440,3	0,66
12	1165 / 1450	6933,06	266,47	101	7078,7	9793,8	0,73
13	1165 / 1450	8528,84	301,15	90	8701,5	11247,9	0,78
14	1450/ 1830	9370,66	378,87	43	9559,6	14916,5	0,65
15	1450/ 1830	10443,50	394,07	36	10646,8	15848,1	0,68
16	1450/ 1830	11577,15	410,60	36	11795,3	16862,1	0,71
17	1450/ 1830	12712,05	427,64	34	12944,7	17907,5	0,73
18	1450/ 1830	13848,21	444,92	31	14094,9	18984,4	0,75
19	1450/ 1830	14985,62	462,95	29	15245,8	20092,8	0,77
20	1450/ 1830	15422,58	506,10	9	15687,1	20449,3	0,78
21	1450/ 1830	17624,00	537,88	43	17911,4	22403,8	0,81
22	1830/ 2400	20242,86	582,07	42	20555,0	27691,2	0,75
23	1830/ 2400	22866,71	628,50	34	23200,3	30554,7	0,77
24	1830/ 2400	25495,38	677,18	26	25846,7	33559,2	0,78
25	1830/ 2400	28128,55	728,10	18	28493,2	36704,5	0,79
26	1830/ 2400	30765,68	781,26	11	31138,8	39990,8	0,79
27	1830/ 2400	33406,43	873,28	4	33782,6	43418,0	0,79

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	15,0	34,60	0,81	355	355
595	15,0	39,67	0,81	355	355
690	15,0	46,00	0,81	355	355
785	15,0	52,33	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
880	15,0	58,67	0,81	355	355
975	18,0	54,17	0,81	355	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1165	18,0	64,72	0,81	335	355
1167	20,0	58,33	0,81	355	355
1260	20,0	63,00	0,81	342	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1450	20,0	72,50	0,81	311	355
1500	25,0	60,00	0,81	353	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1593	25,0	63,70	0,81	339	355
1640	25,0	65,60	0,81	332	355
1688	25,0	67,50	0,81	326	355
1735	25,0	69,40	0,81	320	355
1750	25,0	70,00	0,81	318	355
1830	25,0	73,20	0,81	309	355
1925	28,0	68,75	0,81	322	355
2020	28,0	72,14	0,81	312	355
2115	28,0	75,54	0,81	303	355
2210	28,0	78,93	0,81	294	355
2305	28,0	82,32	0,81	286	355
2400	28,0	85,71	0,81	279	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 880	5,28	0,87	355	355	0,02
2	500 / 880	49,34	1,03	355	355	0,14
3	500 / 880	79,31	1,17	355	355	0,23
4	500 / 880	92,44	1,30	355	355	0,26
5	500 / 880	91,01	2,94	355	355	0,26
6	500 / 880	135,29	2,91	355	355	0,39
7	880 / 1165	176,20	2,52	355	355	0,50
8	880 / 1165	209,56	2,56	355	355	0,60
9	880 / 1165	229,42	2,62	355	335	0,65
10	1165 / 1450	191,12	3,11	355	355	0,55
11	1165 / 1450	248,14	3,26	355	342	0,71
12	1165 / 1450	276,01	3,29	355	325	0,79
13	1165 / 1450	293,96	3,47	355	311	0,84
14	1450/ 1830	235,49	3,33	355	353	0,67
15	1450/ 1830	245,77	3,35	355	346	0,70
16	1450/ 1830	256,09	3,39	355	339	0,73
17	1450/ 1830	264,39	3,42	355	332	0,76
18	1450/ 1830	279,42	3,51	355	326	0,80
19	1450/ 1830	277,06	3,50	355	320	0,79
20	1450/ 1830	274,73	3,75	355	318	0,79
21	1450/ 1830	296,92	3,88	355	309	0,85
22	1830/ 2400	277,32	3,58	355	322	0,79
23	1830/ 2400	282,98	3,67	355	312	0,81
24	1830/ 2400	286,38	3,77	355	303	0,82
25	1830/ 2400	288,06	3,88	355	294	0,82
26	1830/ 2400	288,40	3,98	355	286	0,83
27	1830/ 2400	287,69	4,27	355	279	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

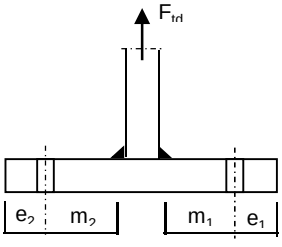
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

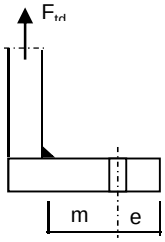
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

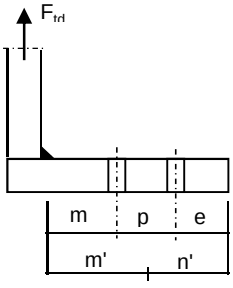
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,24	10,54	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
1250,00	32	843,47	17,57	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,80

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2760,00	1984,00	173,2	127,0	127,0			141,7
2760,00	1984,00	173,2	125,0	125,0			197,1
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1250,00	1250,0	68,2	57,5	57,5			122,7
1250,00	1250,0	73,2	57,5	57,5			122,7

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,19E+08	2739,72	1508,21	1696,90	1508,21	1260,49	0,84
100	1,65E+08	3811,30	1818,15	1696,90	1696,90	1260,49	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
90	8,32E+07	2440,90	1147,32	2121,12	1147,32	843,47	0,74
90	8,32E+07	2274,20	1103,43	2121,12	1103,43	843,47	0,76
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,86	1,450	0,18	6,93

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	680	1,000		1,000			
2	668	0,983	1 -- 2	0,991	113	416	927,7
3	620	0,913	2 -- 3	0,948	491		215,5
4	562	0,827	3 -- 4	0,870	704		247,1
5	504	0,742	4 -- 5	0,785	804		282,3
6	476	0,700	5 -- 6	0,721	448	2970	2356,8
7	449	0,661	6 -- 7	0,680	457		326,4
8	395	0,582	7 -- 8	0,621	1193		418,7
9	345	0,508	8 -- 9	0,545	1314		460,9
10	297	0,438	9 -- 10	0,473	1434		503,1
11	297	0,437	10 -- 11	0,437	29	3010	60771,3
12	253	0,373	11 -- 12	0,405	1690		603,6
13	213	0,313	12 -- 13	0,343	1853		650,0
14	176	0,259	13 -- 14	0,286	1986	904	1014,0
15	158	0,233	14 -- 15	0,246	1363	3058	2947,5
16	143	0,210	15 -- 16	0,221	1267		938,3
17	127	0,187	16 -- 17	0,199	1378		966,8
18	113	0,166	17 -- 18	0,177	1419		996,1
19	99	0,146	18 -- 19	0,156	1440		1010,7
20	86	0,127	19 -- 20	0,137	1503		1054,6
21	83	0,121	20 -- 21	0,124	483	769	2783,7
22	64	0,094	21 -- 22	0,108	2648		1103,2
23	44	0,065	22 -- 23	0,079	3683		1292,1
24	29	0,042	23 -- 24	0,054	3870		1357,7
25	16	0,024	24 -- 25	0,033	4056		1423,3
26	7	0,011	25 -- 26	0,017	4243		1488,9
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4430		1554,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4617	3051	2690,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	928	0,991	0,570	0,56	519,63	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,34	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,91	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,20	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,45	1,05
6 -- 7	326	0,680	1,400	0,65	211,58	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,67	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,84	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,27	1,35
10 -- 11	60771	0,437	0,050	0,01	580,63	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,79	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	217,92	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,37	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	266,95	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,01	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,36	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,28	0,25
18 -- 19	1011	0,156	1,425	0,03	35,01	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,00	0,19
20 -- 21	2784	0,124	0,450	0,01	19,36	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,64	0,26
22 -- 23	1292	0,079	2,850	0,02	23,26	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,13	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,38	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2691	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,92	7042,44	19,54

m_e = 7042,4 / 11,9 = 590,6 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	590,6	0,030	1,25	1,450	13,5

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,5

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{l_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{l_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,54 / (4 * π * 11,92) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 6,93 / $15*10^{-6}$ = 6,7E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{l_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,55 / 19,54 = 0,39

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,130 * 0,39 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,023 = 0,033 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		138755	138755	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			138755	7,91E+07	5,3E-02	970
3	3 -- 4			138755	3,95E+08	5,0E-02	853
4	4 -- 5			138755	7,91E+08	4,4E-02	718
5	5 -- 6			138755	1,19E+09	3,8E-02	599
6	6 -- 7			138755	1,39E+09	3,5E-02	546
7	7 -- 8			138755	1,58E+09	3,2E-02	499
8	8 -- 9			138755	1,98E+09	2,8E-02	412
9	9 -- 10			138755	2,37E+09	2,4E-02	339
10	10 -- 11			138755	2,77E+09	2,0E-02	276
11	11 -- 12			138755	2,78E+09	2,0E-02	275
12	12 -- 13			138755	3,16E+09	1,7E-02	223
13	13 -- 14			138755	3,56E+09	1,4E-02	178
14	14 -- 15			138755	3,95E+09	1,2E-02	141
15	15 -- 16			138755	4,16E+09	1,1E-02	124
16	16 -- 17			138755	4,35E+09	1,0E-02	110
17	17 -- 18			138755	4,55E+09	9,2E-03	96
18	18 -- 19			138755	4,75E+09	8,4E-03	83
19	19 -- 20			138755	4,94E+09	7,6E-03	72
20	20 -- 21			138755	5,14E+09	6,9E-03	62
21	21 -- 22			138755	5,20E+09	6,7E-03	59
22	22 -- 23			138755	5,54E+09	5,5E-03	44
23	23 -- 24			138755	5,93E+09	4,4E-03	30
24	24 -- 25			138755	6,33E+09	3,4E-03	19
25	25 -- 26			138755	6,72E+09	2,5E-03	10
26	26 -- 27			138755	7,12E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			138755	7,51E+09	7,6E-04	1
28	28 -- 29			138755	7,91E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	15,0	2908640	27	0,0334	1,8
2	595	15,0	3865792	102	0,0334	6,8
3	690	15,0	5253609	151	0,0334	10,1
4	785	15,0	6854068	173	0,0334	11,6
5	833	15,0	7749952	179	0,0334	12,0
6	880	15,0	8667171	183	0,0334	12,2
7	975	18,0	12712975	156	0,0334	10,4
8	1070	18,0	15386965	154	0,0334	10,3
9	1165	18,0	18316127	151	0,0334	10,1
10	1167	20,0	20305643	137	0,0334	9,1
11	1260	20,0	23775374	133	0,0334	8,9
12	1355	20,0	27588103	129	0,0334	8,6
13	1450	20,0	31684359	125	0,0334	8,3
14	1500	25,0	42018393	99	0,0334	6,6
15	1545	25,0	44642616	97	0,0334	6,5
16	1593	25,0	47498900	96	0,0334	6,4
17	1640	25,0	50443786	94	0,0334	6,3
18	1688	25,0	53477275	92	0,0334	6,2
19	1735	25,0	56599365	91	0,0334	6,1
20	1750	25,0	57603696	90	0,0334	6,0
21	1830	25,0	63109352	88	0,0334	5,9
22	1925	28,0	78003444	76	0,0334	5,1
23	2020	28,0	86069711	74	0,0334	4,9
24	2115	28,0	94532916	71	0,0334	4,8
25	2210	28,0	103393059	69	0,0334	4,6
26	2305	28,0	112650141	67	0,0334	4,5
27	2400	28,0	122304162	65	0,0334	4,3

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,86 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,93 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

z_s = 52,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,5 m/s

V_o = 31,5 * 20 / 100 = 6,30 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,89 * [6,93 / 6,30]^2 * \exp[-(6,93 / 6,30)^2]$ = 2,98E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

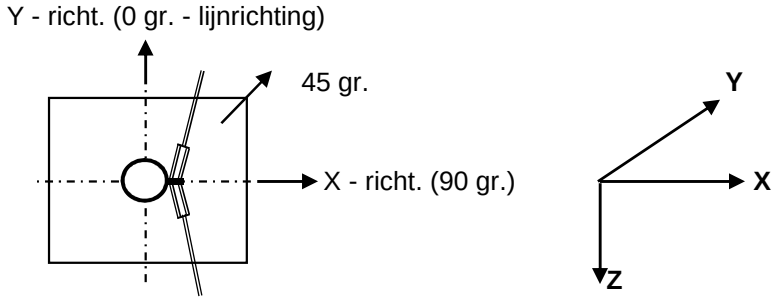
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,21	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
4	Lasnaad	12,08	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
5	Lasnaad	13,89	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
7	Lasnaad	14,65	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
8	Lasnaad	12,48	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
9	Lasnaad	12,38	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
10	Lasnaad	12,13	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
12	Lasnaad	10,68	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
13	Lasnaad	10,35	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
14	flenzen	10,02	35	19,25	1,000E+10	2,98E+08	0,03
16	Lasnaad	7,82	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
18	Lasnaad	7,55	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
20	Lasnaad	7,29	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
22	Lasnaad	7,04	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
23	Lasnaad	6,10	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
24	Lasnaad	5,90	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
25	Lasnaad	5,71	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
26	Lasnaad	5,53	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
27	Lasnaad	5,35	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
28	voetplaat	5,19	35	19,25	1,000E+10	2,98E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			641			
2 - Windbelasting mast	105				2833	
3 - Belasting geval 1a	787		116		29181	
4 - Belasting geval 1b	529		116		19340	
5 - Belasting geval 3	898		232		32610	
6 - Belasting geval 4	539		139		19659	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	892		757		32014	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	549		757		19871	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	927		**873**		**33406**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	559		780		20190	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	27327	kNm	33406	kNm	33406	kNm
Dwarskracht	771	kN	927	kN	927	kN
Verticale kracht	631	kN	873	kN	568	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,24	10,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	516,49	8,76	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 630,2 kN

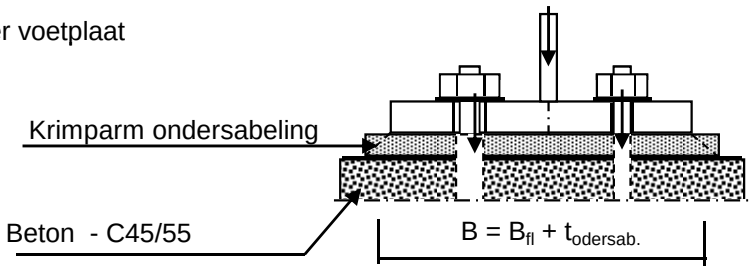
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 516,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 650,1 + 1,00 * 516,5 = 1166,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

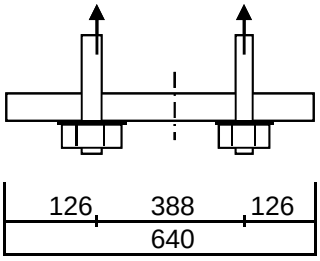
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2372	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 115165 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

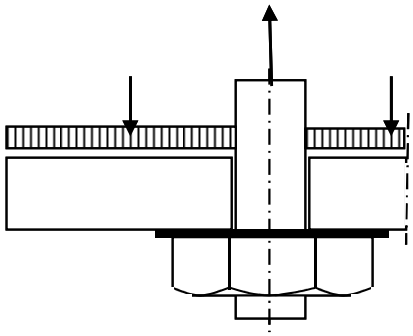


D = 2372 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 640 * $2*\pi*D / n$ = 108391 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 126 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 40 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 92312 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2256 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 126525 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 126525 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2256 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 142000 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 8198 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 126525 / 142000,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 316,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2256 / 8198 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 56,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (316,0^2 + 3*56,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 331 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage M, M1 en M2

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70078	137223	17046	70078	-137223
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69192	136508	17045	69192	-136508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68068	135679	17045	68068	-135679
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9732	18523	2226	9732	-18523
	Comp. gl	4617	18574	36939	4617	18574	-36939
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72927	153781	17036	72927	-153781
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72817	153783	17036	72817	-153783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72673	153791	17036	72673	-153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9502	19907	2225	9502	-19907
	Comp. gl	4615	19311	40833	4615	19311	-40833
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104175	216107	29376	104175	-216107
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103850	216072	29376	103850	-216072
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103426	216048	29376	103426	-216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26747	54947	9244	26747	-54947
	Comp. gl	18676	53042	110780	18676	53042	-110780
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73717	155475	20053	73717	-155475
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73611	155485	20053	73611	-155485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73472	155503	20053	73472	-155503
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10778	22643	2978	10778	-22643
	Comp. gl	6122	21940	46471	6122	21940	-46471
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	66910	134937	17057	127805	-209473
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66421	134664	17055	120404	-199472
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65796	134360	17053	110638	-186355
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9067	17908	2228	21053	-33538
	Comp. gl	4617	17921	36536	4619	30889	-51929
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72519	153807	17037	79373	-157310

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72451	153817	17036	78483	-156573
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72362	153833	17036	77356	-155718
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902	2225	10835	-20916
	Comp. gl	4615	19222	40844	4615	20654	-41434
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	102975	216051	29380	124148	-230156
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102778	216062	29380	121371	-227477
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102520	216087	29379	117843	-224280
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26364	54957	9246	32831	-58473
	Comp. gl	18676	52601	110859	18678	59452	-112815
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73322	155530	20053	79643	-157881
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73257	155544	20053	78842	-157337
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73170	155565	20053	77823	-156715
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10705	22649	2978	11912	-23225
	Comp. gl	6122	21855	46489	6122	23133	-46748
1a	380C1F1 / 380C2F1	17055	122112	201776	17055	122112	-201776
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17054	115266	192555	17054	115266	-192555
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17052	106263	180528	17052	106263	-180528
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	19999	32087	2228	19999	-32087
	Comp. gl	4619	29627	50223	4619	29627	-50223
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	78686	156737	17036	78686	-156737
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77884	156106	17036	77884	-156106
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76866	155378	17036	76866	-155378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10689	20765	2225	10689	-20765
	Comp. gl	4615	20513	41330	4615	20513	-41330
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	122004	228076	29380	122004	-228076
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	119496	225746	29379	119496	-225746
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29378	116311	222979	29378	116311	-222979
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32192	57937	9246	32192	-57937
	Comp. gl	18678	58797	112434	18678	58797	-112434
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79025	157457	20053	79025	-157457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78301	156996	20053	78301	-156996
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77379	156472	20053	77379	-156472

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11792	23129	2978	11792	-23129
	Comp. gl	6122	23012	46688	6122	23012	-46688
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	127805	209473	17045	66910	-134937
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	120404	199472	17045	66421	-134664
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	110638	186355	17045	65796	-134360
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21053	33538	2226	9067	-17908
	Comp. gl	4619	30889	51929	4617	17921	-36536
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79373	157310	17036	72519	-153807
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78483	156573	17036	72451	-153817
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77356	155718	17036	72362	-153833
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10835	20916	2225	9424	-19902
	Comp. gl	4615	20654	41434	4615	19222	-40844
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	124148	230156	29376	102975	-216051
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	121371	227477	29376	102778	-216062
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	117843	224280	29376	102520	-216087
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9246	32831	58473	9244	26364	-54957
0	Comp. gl	18678	59452	112815	18676	52601	-110859
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79643	157881	20053	73322	-155530
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78842	157337	20053	73257	-155544
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77823	156715	20053	73170	-155565
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11912	23225	2978	10705	-22649
	Comp. gl	6122	23133	46748	6122	21855	-46489
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58036	111402	12782	58036	-111402
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	56984	110332	12781	56984	-110332
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	55657	109066	12781	55657	-109066
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8214	15270	1669	8214	-15270
	Comp. gl	3462	15152	29601	3462	15152	-29601
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59216	124380	12774	59216	-124380
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59098	124362	12774	59098	-124362
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58944	124348	12774	58944	-124348
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7655	15947	1668	7655	-15947
	Comp. gl	3461	15510	32684	3461	15510	-32684

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93070	192294	25109	93070	-192294
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92728	192224	25109	92728	-192224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92286	192159	25109	92286	-192159
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25616	52520	8685	25616	-52520
	Comp. gl	17518	50691	105739	17518	50691	-105739
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61202	128636	15788	61202	-128636
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61090	128635	15788	61090	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60945	128639	15788	60945	-128639
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9156	19166	2421	9156	-19166
	Comp. gl	4966	18589	39287	4966	18589	-39287
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54301	107898	12791	122732	-198598
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53733	107456	12790	114837	-187539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53013	106947	12788	104296	-172759
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7425	14386	1671	20561	-32483
	Comp. gl	3462	14389	28964	3464	29178	-48261
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58779	124344	12775	66727	-130192
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58708	124346	12775	65660	-129077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58615	124352	12774	64315	-127754
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7570	15926	1669	9233	-17482
	Comp. gl	3461	15417	32683	3461	17055	-33716
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91816	192123	25113	114791	-210096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91613	192119	25113	111750	-206850
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91346	192127	25112	107883	-202926
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25227	52518	8688	31879	-56433
	Comp. gl	17518	50246	105808	17520	57260	-108116
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60789	128653	15789	67801	-132489
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60721	128662	15788	66886	-131698

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60632	128677	15788	65727	-130776
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9080	19165	2421	10410	-20003
	Comp. gl	4966	18503	39300	4966	19878	-39768
1a	380C1F1 / 380C2F1	12790	116665	190102	12790	116665	-190102
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12789	109310	179789	12789	109310	-179789
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	99518	166069	12788	99518	-166069
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19466	30945	1671	19466	-30945
	Comp. gl	3464	27805	46318	3464	27805	-46318
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	65902	129326	12775	65902	-129326
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64944	128359	12774	64944	-128359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63734	127218	12774	63734	-127218
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9058	17269	1669	9058	-17269
	Comp. gl	3461	16888	33556	3461	16888	-33556
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	112443	207579	25113	112443	-207579
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	109695	204733	25112	109695	-204733
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25111	106204	201310	25111	106204	-201310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31219	55852	8688	31219	-55852
	Comp. gl	17519	56584	107691	17519	56584	-107691
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67094	131873	15788	67094	-131873
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66269	131195	15788	66269	-131195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65224	130408	15788	65224	-130408
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10274	19874	2421	10274	-19874
	Comp. gl	4966	19744	39681	4966	19744	-39681
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	122732	198598	12781	54301	-107898
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	114837	187539	12781	53733	-107456
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	104296	172759	12781	53013	-106947
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	20561	32483	1669	7425	-14386
	Comp. gl	3464	29178	48261	3462	14389	-28964
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66727	130192	12774	58779	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	65660	129077	12774	58708	-124346
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64315	127754	12774	58615	-124352
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9233	17482	1668	7570	-15926

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	17055	33716	3461	15417	-32683
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	114791	210096	25109	91816	-192123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	111750	206850	25109	91613	-192119
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	107883	202926	25109	91346	-192127
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	31879	56433	8685	25227	-52518
0	Comp. gl	17520	57260	108116	17518	50246	-105808
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	67801	132489	15788	60789	-128653
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66886	131698	15788	60721	-128662
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65727	130776	15788	60632	-128677
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10410	20003	2421	9080	-19165
	Comp. gl	4966	19878	39768	4966	18503	-39300

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65826	134373	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65468	134222	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65008	134058	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8844	17745	0	0	0
	Comp. gl	4617	17694	36441	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72687	153789	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72602	153797	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72491	153811	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9456	19902	0	0	0
	Comp. gl	4615	19259	40838	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77649	160685	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77370	160616	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77009	160547	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14197	28519	0	0	0
	Comp. gl	7762	28023	57724	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71768	151817	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71685	151829	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71576	151849	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10305	21724	0	0	0
	Comp. gl	5821	21035	44648	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	64525	133927	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64318	133886	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64049	133848	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8581	17603	0	0	0
	Comp. gl	4617	17421	36373	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72371	153832	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72318	153843	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72248	153859	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9396	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19190	40851	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76626	160503	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76460	160495	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76244	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13812	28356	0	0	0
	Comp. gl	7762	27612	57660	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71459	151875	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71407	151888	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71338	151907	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10248	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20969	44665	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	87386	156164	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	84318	152421	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17047	80402	147805	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13317	22945	0	0	0
	Comp. gl	4618	22147	40574	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	76963	155444	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76378	155062	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75634	154628	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10325	20417	0	0	0
	Comp. gl	4615	20158	41101	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	93806	174330	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	91497	171816	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	88569	168787	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20529	35156	0	0	0
	Comp. gl	7763	34414	62891	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	75792	152927	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75252	152641	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74561	152323	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11076	22025	0	0	0
	Comp. gl	5821	21862	44754	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	89995	159414	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	86614	155213	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82288	150002	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	13840	23646	0	0	0
	Comp. gl	4618	22694	41227	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77463	155795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76816	155344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75992	154829	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10431	20513	0	0	0
	Comp. gl	4615	20261	41162	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	95780	176549	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	93223	173686	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	89977	170218	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3797	21267	36073	0	0	0
0	Comp. gl	7763	35188	63731	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76252	153193	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75656	152852	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74894	152469	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11166	22089	0	0	0
	Comp. gl	5821	21954	44791	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53046	106969	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52637	106708	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52115	106411	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7162	14138	0	0	0
	Comp. gl	3462	14131	28801	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58958	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58868	124344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58750	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7604	15933	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	15455	32681	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65018	133599	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64711	133470	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64317	133331	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12721	25353	0	0	0
	Comp. gl	6606	24915	51058	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59120	124694	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59033	124698	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58920	124709	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8656	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17632	37349	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51575	106156	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51344	106066	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51048	105969	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6857	13907	0	0	0
	Comp. gl	3462	13826	28664	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58624	124351	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58568	124357	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58496	124367	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7540	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15383	32687	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63903	133220	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63725	133186	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63495	133154	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12307	25129	0	0	0
	Comp. gl	6606	24481	50947	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58799	124726	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58745	124735	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58675	124750	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8597	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17564	37362	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12784	78370	136835	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	74831	132082	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12783	70268	126077	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12330	20830	0	0	0
	Comp. gl	3463	19379	34640	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	63849	127322	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63158	126712	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62284	126000	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8621	16762	0	0	0
	Comp. gl	3461	16469	33190	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	83610	152469	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	80948	149198	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	77559	145178	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19599	33162	0	0	0
	Comp. gl	6607	31902	57505	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	63557	126691	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	62944	126249	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62166	125743	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9505	18656	0	0	0
	Comp. gl	4665	18519	37585	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	81354	140889	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	77482	135636	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72472	128957	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	12908	21647	0	0	0
	Comp. gl	3463	20016	35486	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64442	127875	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63674	127164	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62704	126333	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8747	16904	0	0	0
	Comp. gl	3461	16590	33290	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	85877	155317	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82939	151637	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	79190	147089	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20384	34180	0	0	0
0	Comp. gl	6608	32748	58500	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64081	127095	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63402	126576	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62540	125978	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9607	18745	0	0	0
	Comp. gl	4665	18620	37642	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58692	117160	14202	58692	-117160
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58142	116771	14202	58142	-116771
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57443	116326	14202	57443	-116326
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8001	15595	1855	8001	-15595
	Comp. gl	3847	15612	31551	3847	15612	-31551
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63513	134465	14194	63513	-134465
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63442	134470	14194	63442	-134470
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63349	134480	14194	63349	-134480
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8208	17289	1854	8208	-17289
	Comp. gl	3845	16725	35481	3845	16725	-35481
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84527	176406	22419	84527	-176406
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84313	176388	22419	84313	-176388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84033	176377	22419	84033	-176377
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20615	42601	6530	20615	-42601
	Comp. gl	13213	41028	86007	13213	41028	-86007
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62072	131372	16206	62072	-131372
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62002	131382	16206	62002	-131382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61911	131397	16206	61911	-131397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8886	18744	2356	8886	-18744
	Comp. gl	4850	18157	38551	4850	18157	-38551
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56720	115936	14208	96086	-163003
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56414	115796	14207	91088	-156197
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56020	115643	14206	84571	-147435
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7591	15255	1856	15496	-25493
	Comp. gl	3847	15204	31341	3848	23458	-40767
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63248	134496	14195	67574	-136310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63204	134505	14195	67020	-135903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63145	134517	14195	66317	-135437
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289	1854	9040	-17840
	Comp. gl	3845	16667	35491	3845	17574	-35782

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

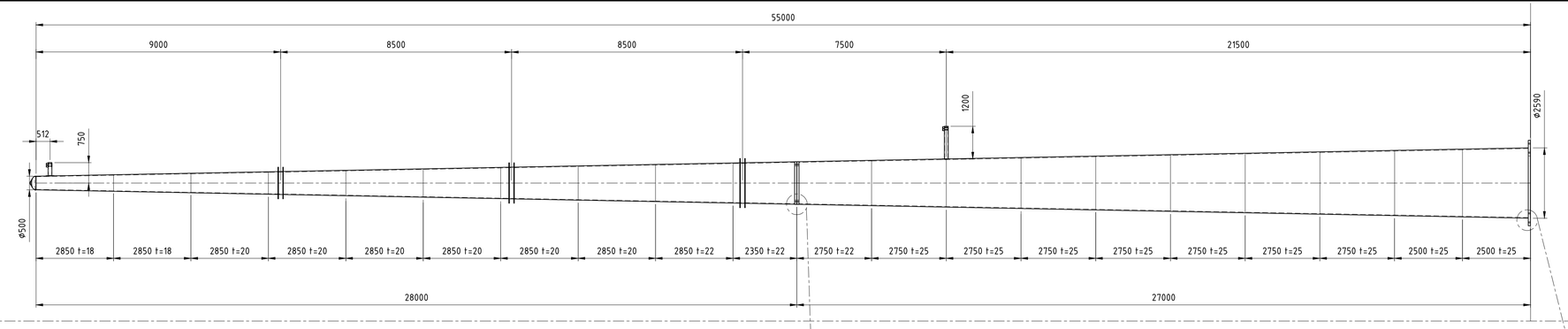
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

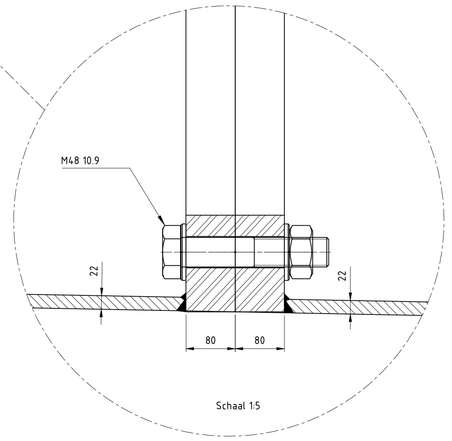
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83735	176385	22421	97648	-185363
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83605	176395	22420	95817	-183619
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83434	176414	22420	93496	-181553
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20357	42602	6531	24772	-45174
	Comp. gl	13213	40733	86056	13214	45371	-87517
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61813	131418	16207	65868	-132646
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61769	131428	16207	65360	-132339
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61712	131443	16206	64713	-131993
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8839	18750	2356	9616	-19075
	Comp. gl	4850	18101	38565	4850	18931	-38691
1a	380C1F1 / 380C2F1	14207	92237	157756	14207	92237	-157756
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	87647	151551	14207	87647	-151551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	81684	143612	14206	81684	-143612
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	14765	24466	1856	14765	-24466
	Comp. gl	3848	22624	39645	3848	22624	-39645
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67146	135993	14195	67146	-135993
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66646	135648	14195	66646	-135648
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	66011	135254	14194	66011	-135254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8949	17754	1854	8949	-17754
	Comp. gl	3845	17486	35726	3845	17486	-35726
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96234	184008	22421	96234	-184008
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	94582	182497	22420	94582	-182497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	92490	180718	22420	92490	-180718
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24331	44784	6531	24331	-44784
	Comp. gl	13214	44924	87242	13214	44924	-87242
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65476	132407	16207	65476	-132407
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65017	132149	16207	65017	-132149
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64430	131860	16206	64430	-131860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9540	19019	2356	9540	-19019
	Comp. gl	4850	18853	38657	4850	18853	-38657
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	96086	163003	14202	56720	-115936
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	91088	156197	14202	56414	-115796

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

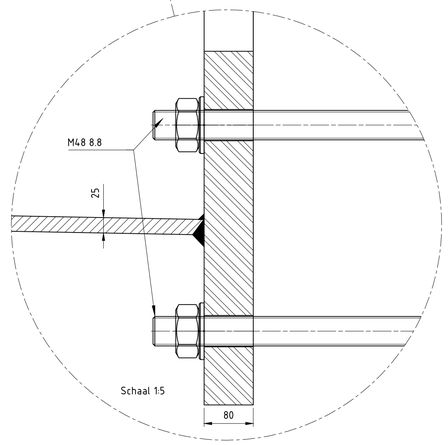
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84571	147435	14202	56020	-115643
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15496	25493	1855	7591	-15255
	Comp. gl	3848	23458	40767	3847	15204	-31341
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67574	136310	14194	63248	-134496
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67020	135903	14194	63204	-134505
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66317	135437	14194	63145	-134517
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9040	17840	1854	8158	-17289
	Comp. gl	3845	17574	35782	3845	16667	-35491
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	97648	185363	22419	83735	-176385
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95817	183619	22419	83605	-176395
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93496	181553	22419	83434	-176414
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24772	45174	6530	20357	-42602
	Comp. gl	13214	45371	87517	13213	40733	-86056
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65868	132646	16206	61813	-131418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65360	132339	16206	61769	-131428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64713	131993	16206	61712	-131443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9616	19075	2356	8839	-18750
	Comp. gl	4850	18931	38691	4850	18101	-38565

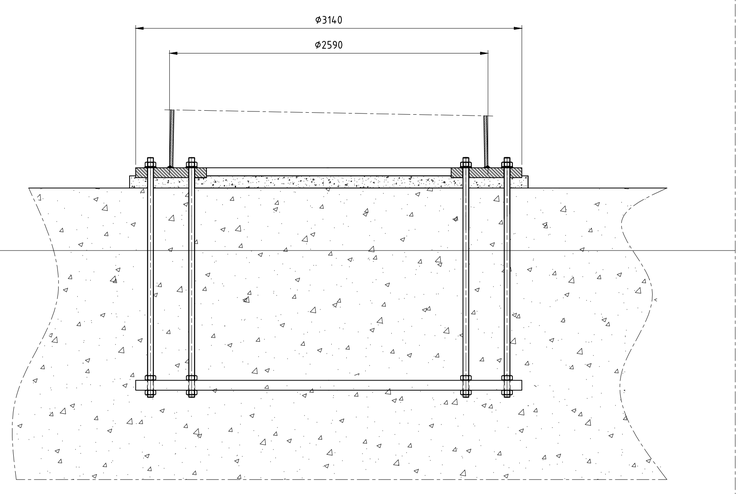




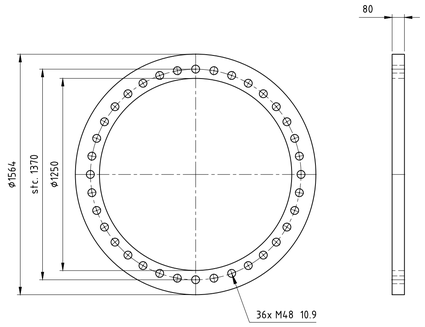
Schaal 1:5



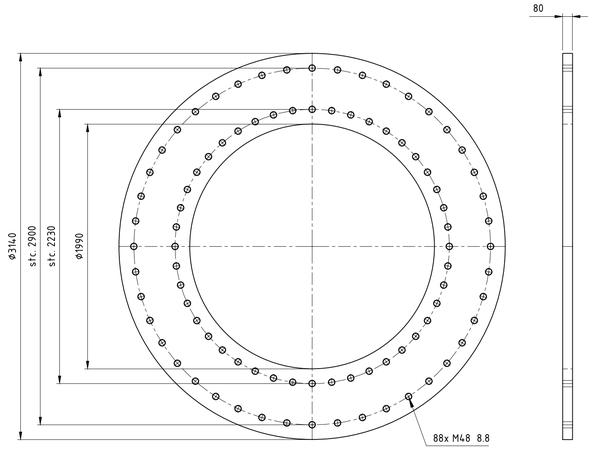
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:25

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

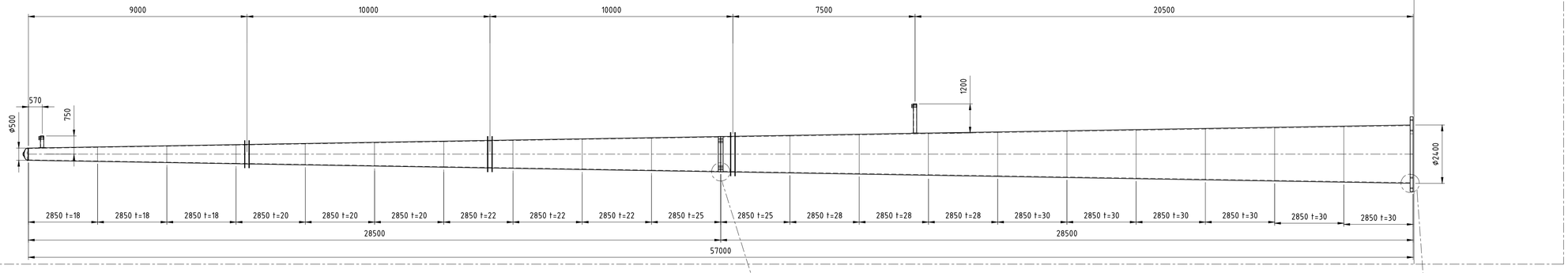
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

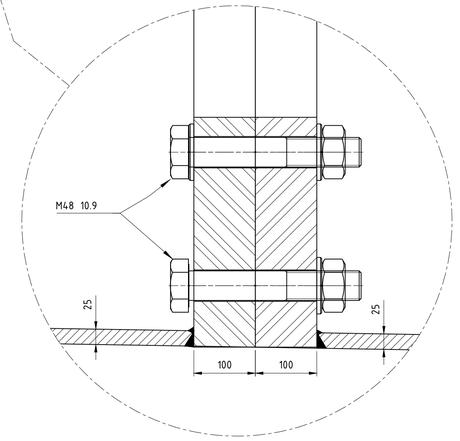
VolkerWessels Telecom

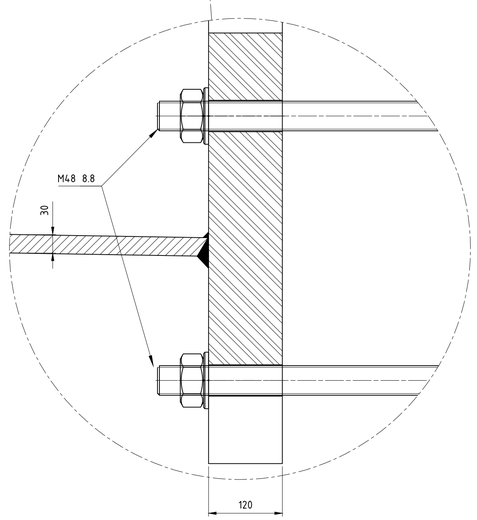
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/01 | A1

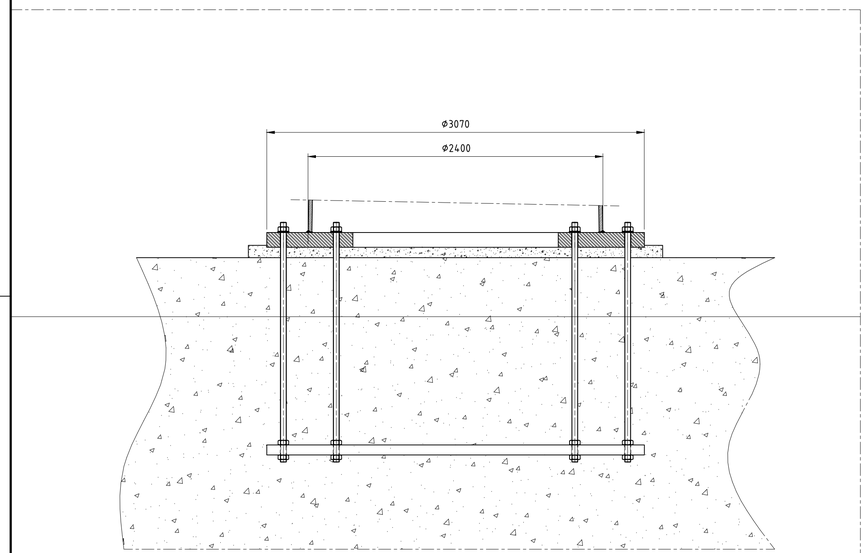
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

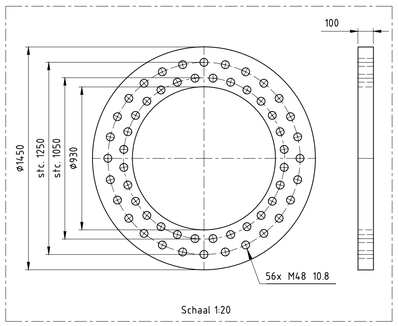




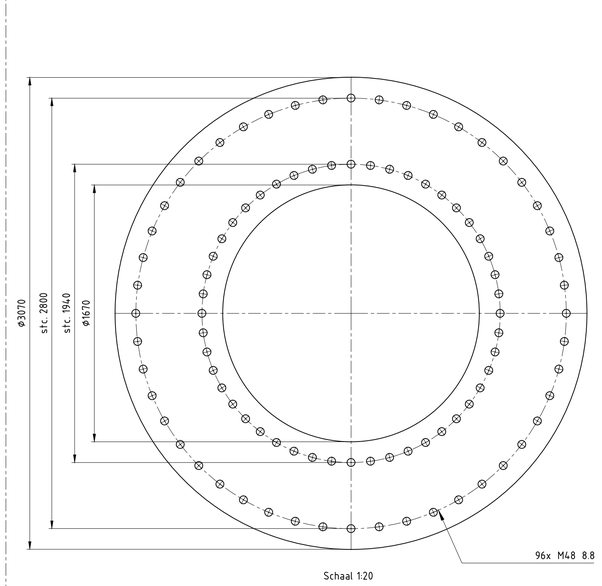




Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E400+0

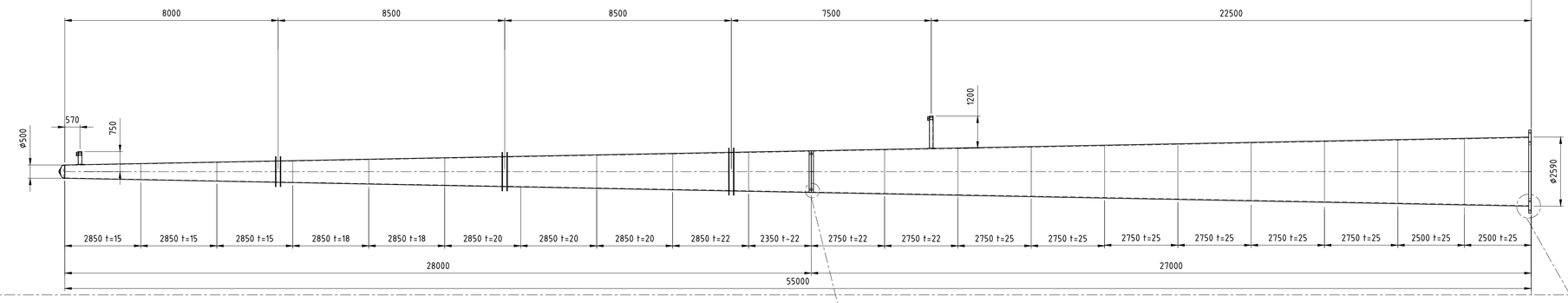
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

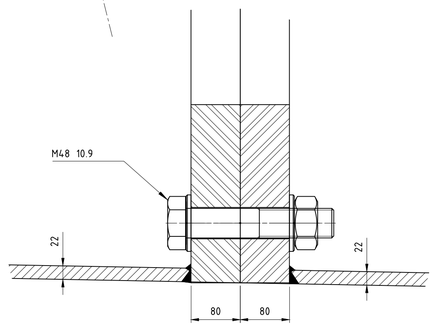
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/03 | A1

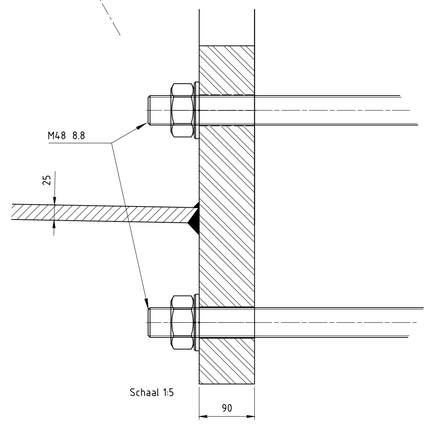
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

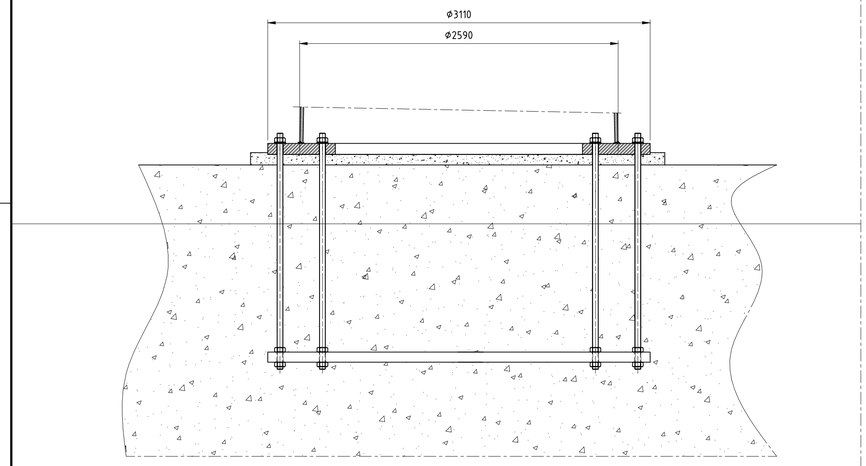




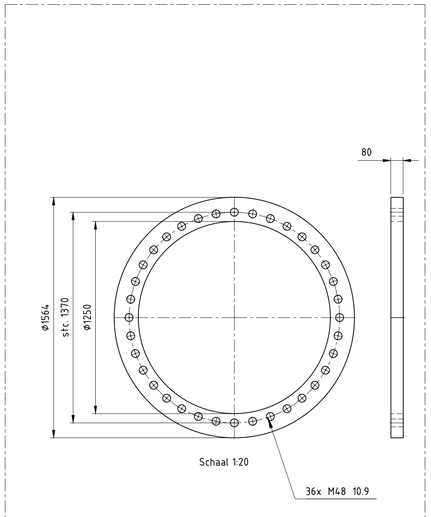
Schaal 1:5



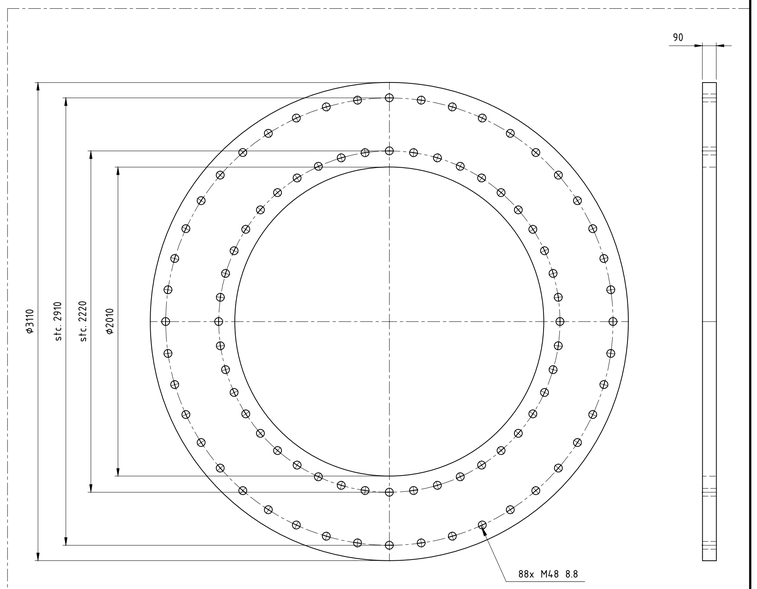
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

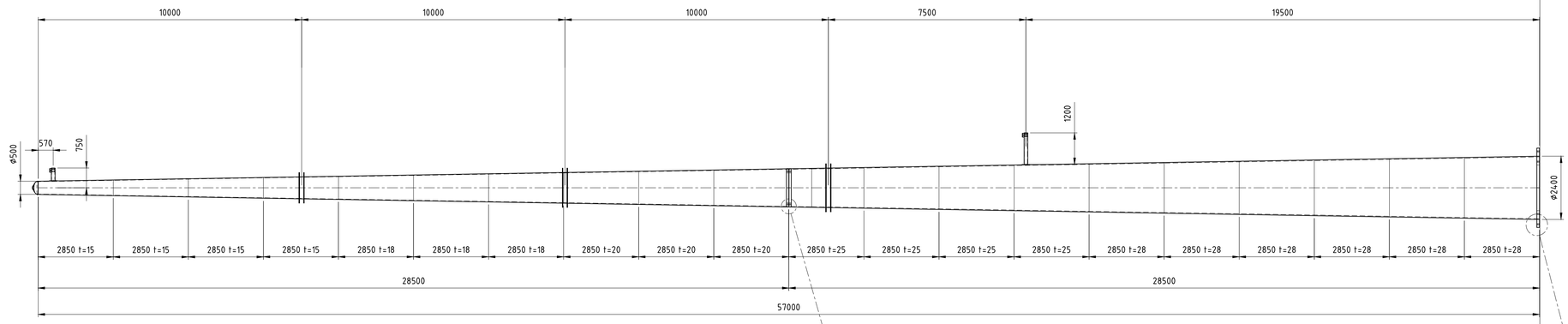
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

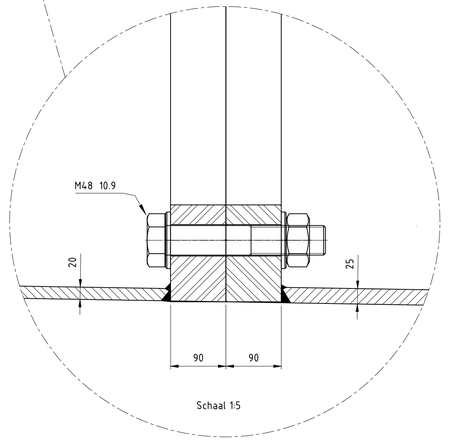
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/04 | A1

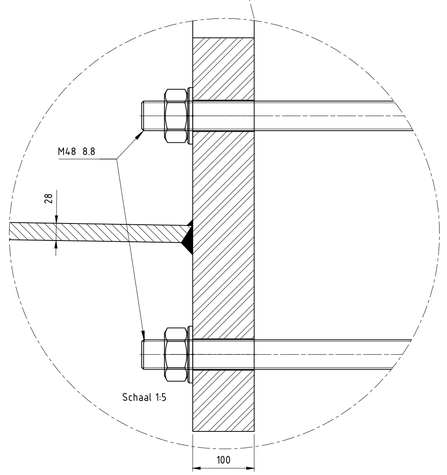
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

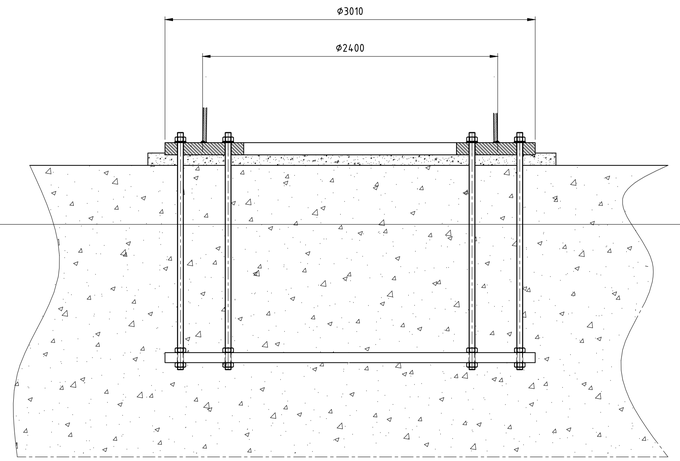




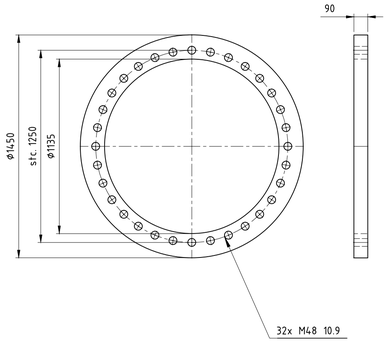
Schaal 1:5



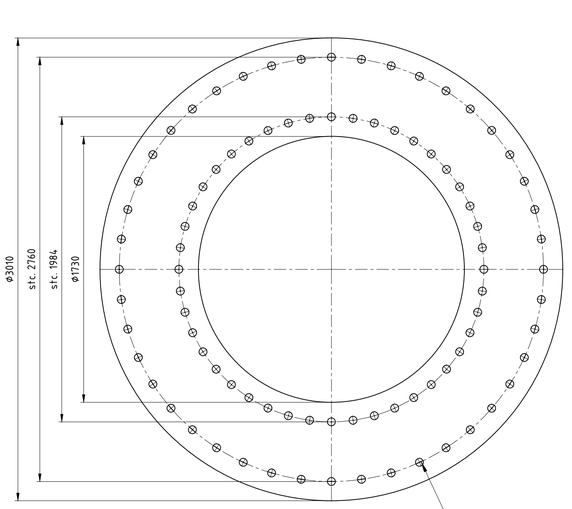
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+0

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

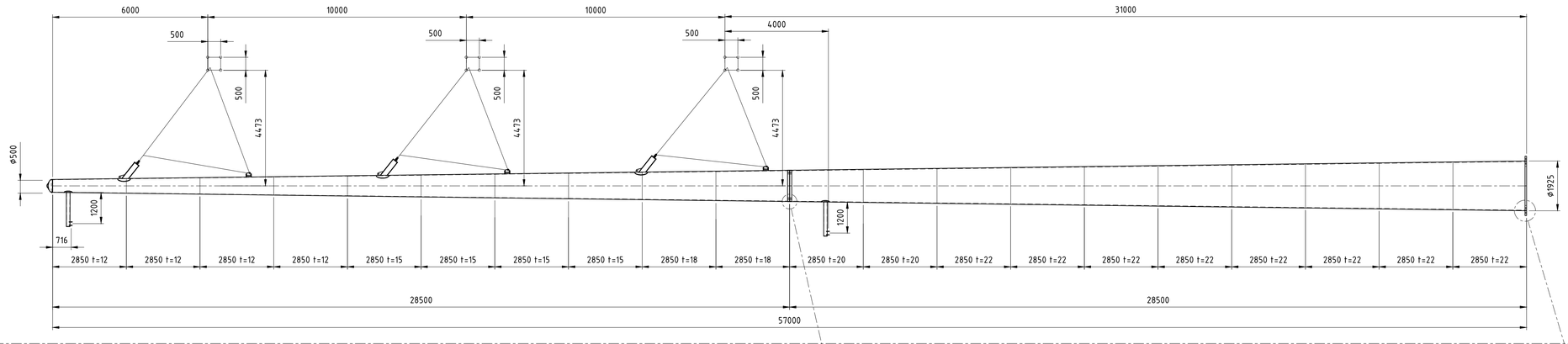
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

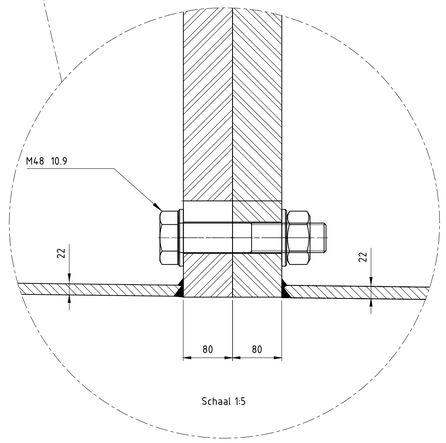
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/05 | A1

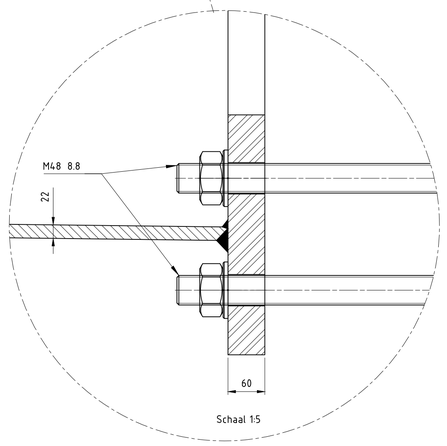
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

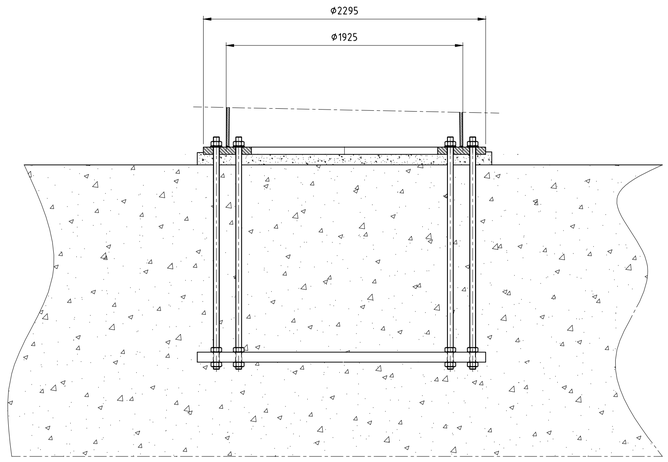




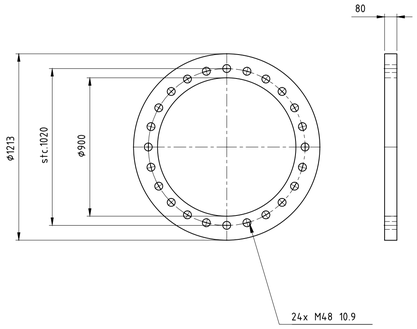
Schaal 1:5



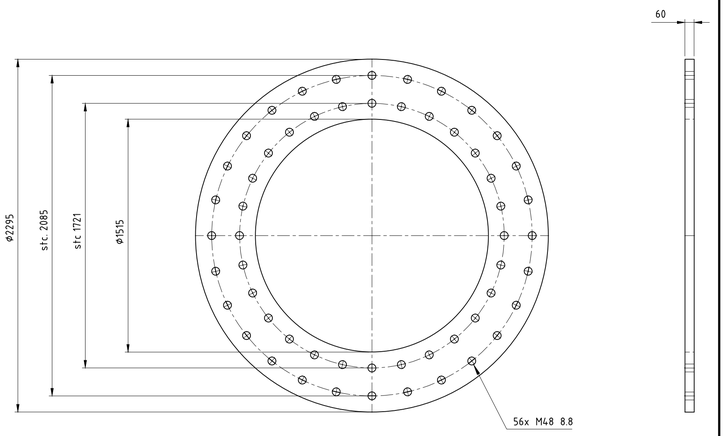
Schaal 1:5



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2S400+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/10 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

Bijlage 2.2

GB-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:

$$\mathbf{k_{punt,hoog} = 1056\ MN/m\ en\ k_{punt,laag} = 528\ MN/m}$$

De verticale veerstijfheid van de paalpunt onder trek is gelijk aan:

$$\mathbf{K_{trek,hoog} = 264\ MN/m\ en\ K_{trek,laag} = 132\ MN/m}$$

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.

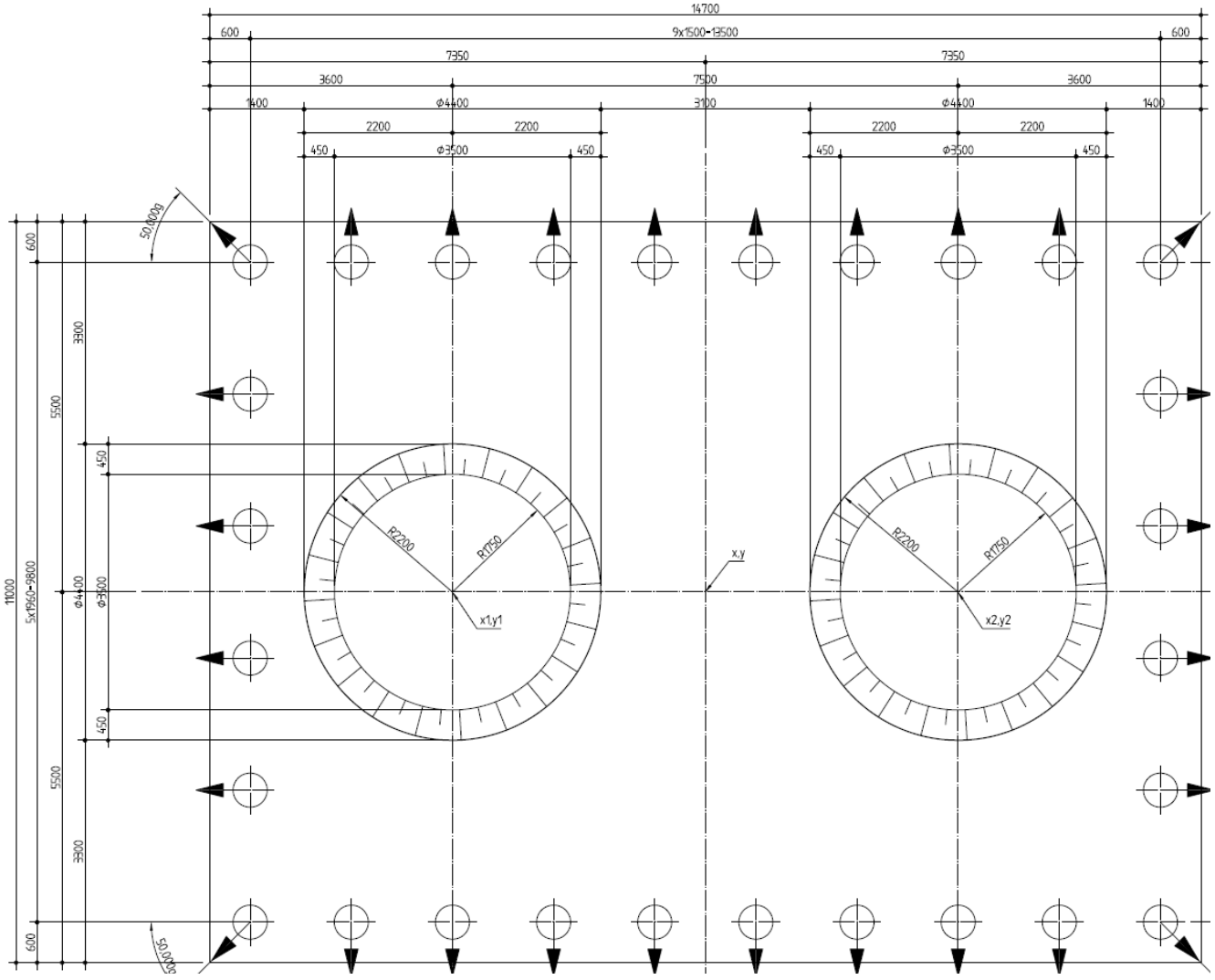
Tabel 1: Horizontale beddingconstante over de hoogte van de paal

	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

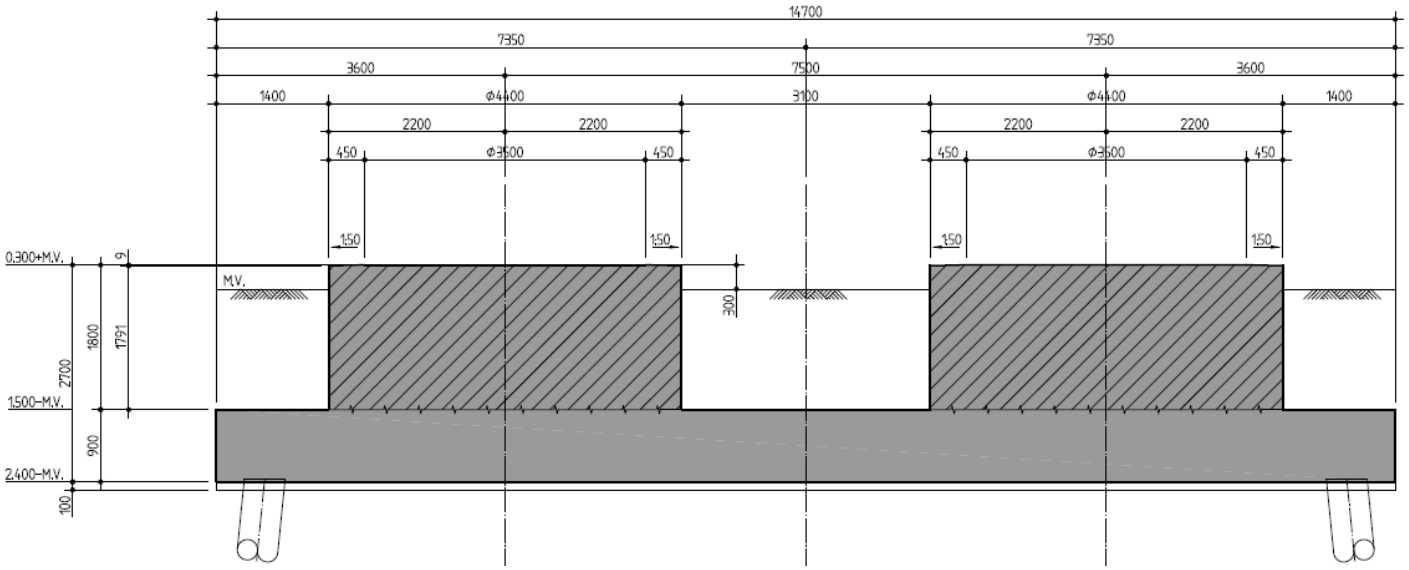
* ***Bovenstaande beddingconstante zijn alleen van toepassing bij locatie 1. Dit is mogelijk niet de maatgevende locatie***.

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.

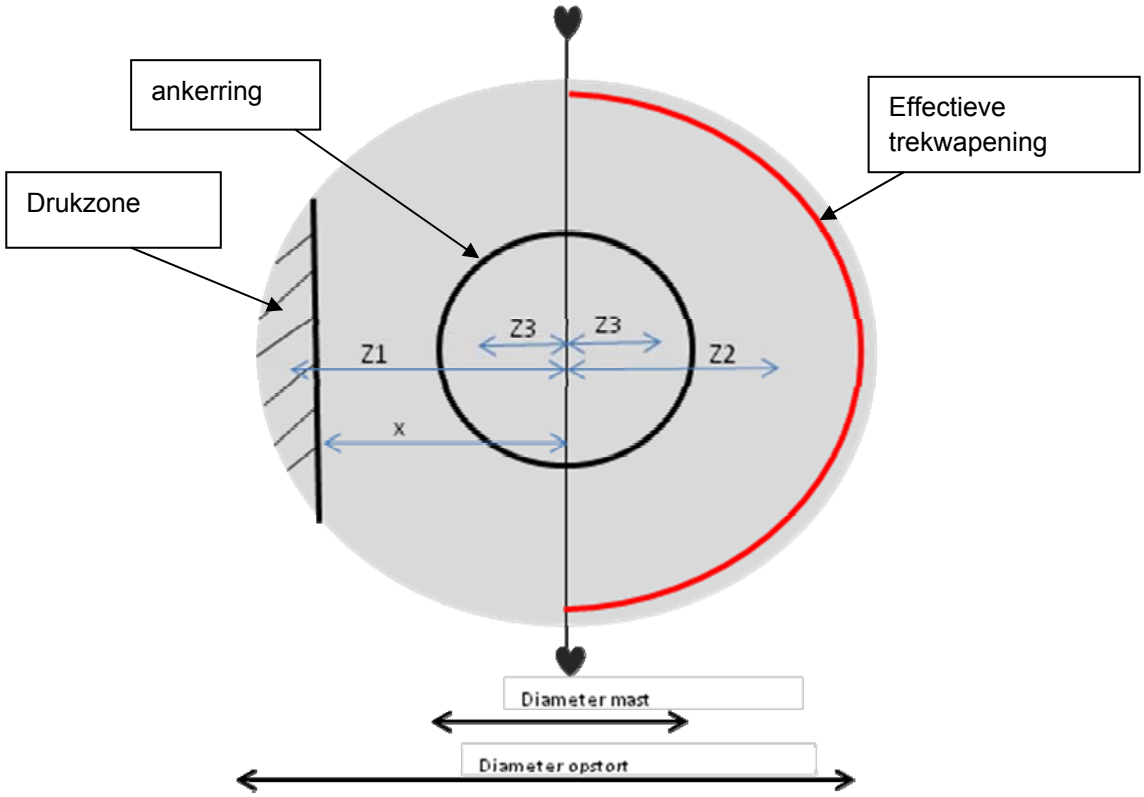
Tabel 7: Invoerwaarden voor diagonale frequente mastbelasting BGT

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

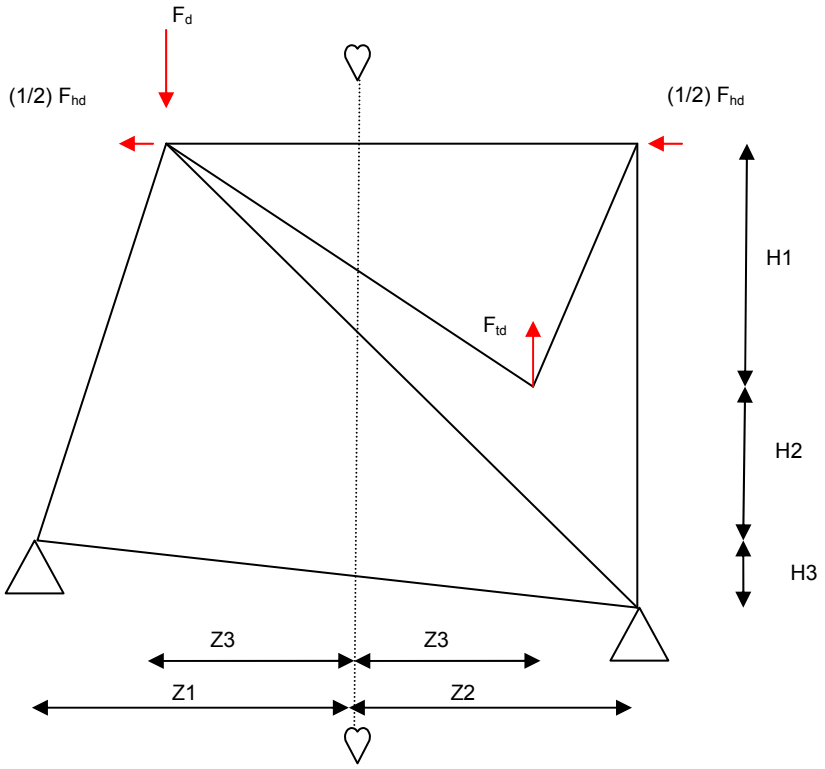
Om de krachtsverdeling in de poer te analyseren t.g.v. het introduceren van de mastkrachten wordt gebruik gemaakt van een 2D vakwerkmodel (Figuur 4). In het 2D model is de 3D opstort platgeslagen om de berekening te vereenvoudigen. In Figuur 3 is een bovenaanzicht van de opstort te zien. Om de transformatie 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

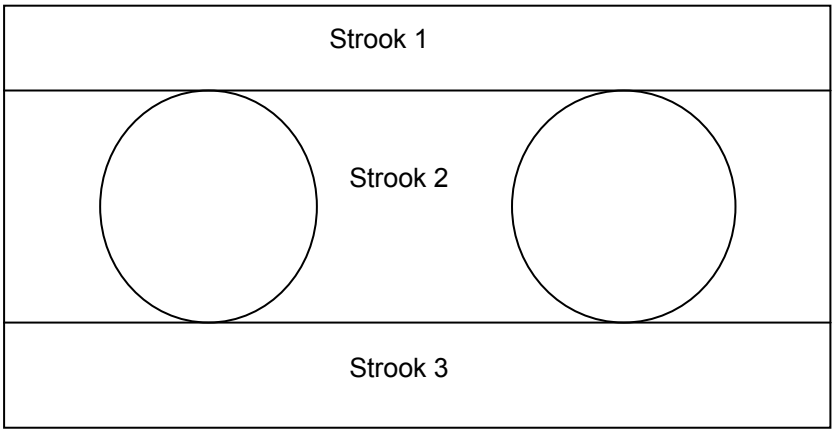
In de Eurocode is geen methode beschreven die omschrijft hoe omgegaan moet worden met piekkrachten in eindige elementen programma’s. Daarin tegen geeft artikel 7.5.3.4 van de NEN6720 (literatuur) een manier om met piekkrachten om te gaan. In het artikel is beschreven hoe een wapeningsbaan (spreidingsgebied) 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

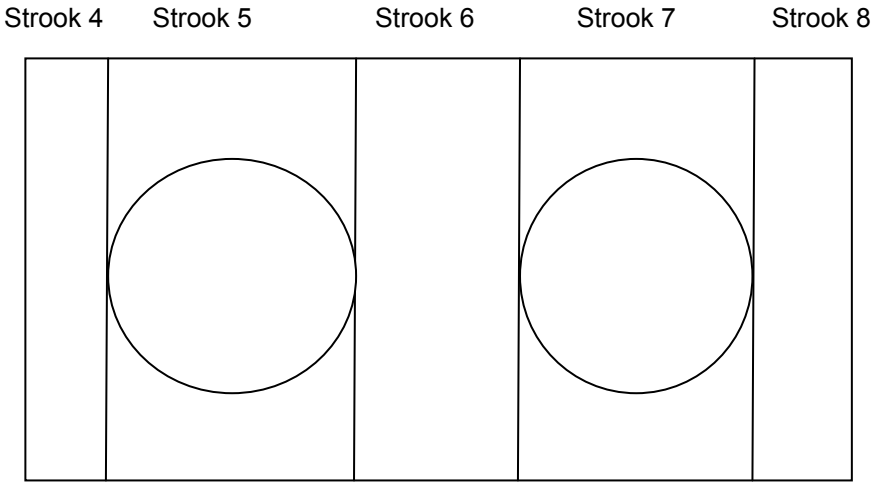
De enige eis die gesteld is betreft vervorming is dat er een maximale hoekverdraaiing van 5 mrad mag optreden. Uit de “Scia Engineer” berekening (bladzijde C-29 en C-30) volgt dat de maximale optredende hoekverdraaiing 3,8 mrad is. Rekening moet worden gehouden dat de maximale vervorming voorkomt uit 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 ➔ 1^{e} laag Ø16 –100 + 3^{e} 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 ➔ 1^{e} laag Ø12 –200 + 3^{e} laag Ø16 –100 ➔ As = 3142 mm^{2}/m

Bovenwapening strook 5 en 7
Md = 1942 kNm/m
Mrep = 1416 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø16 –100 + 3^{e} laag Ø25 –100 ➔ As = 6919 mm^{2}/m

Bovenwapening strook 6
Md = 668 kNm/m
Mrep = 437 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø12 –100 + 3^{e} laag Ø12 –100 ➔ As = 2262 mm^{2}/m

5.2.2 Dwarskrachtwapening

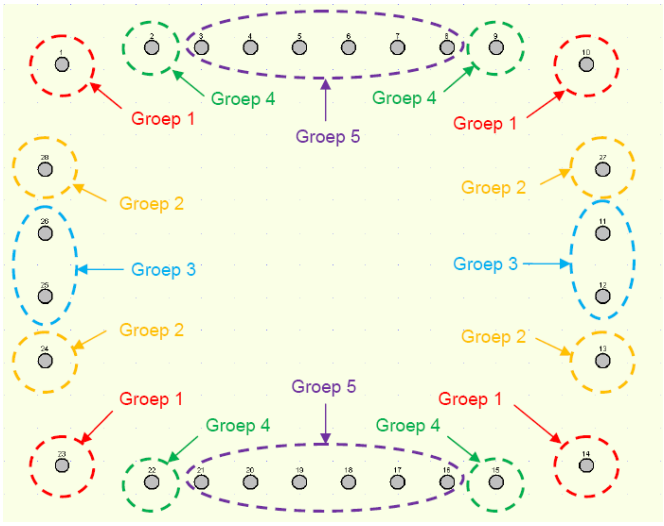
Voor het berekenen van de benodigde dwarskrachtwapening is gebruik gemaakt van de standaard “Breijn wapeningssheet”. De berekeningen zijn terug te vinden op bladzijde E-1 t/m en E-4. De wapeningschets van de dwarskrachtwapening is te zien op bladzijde E-5. In de berekening is de hoek van de drukdiagonaal 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

Input

R poer	2200	mm (zie uitgangspuntennota)
R mast	2564	mm (zie uitgangspuntennota)
fcd	30	*N/mm2*
c	50	mm
Yvar	1,22	(zie uitgangspuntennota)
Yper	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*Yvar
F,vd	984	kN	FV,d= FV,rep*Yper
F,hd	963	kN	Fh,d= Fh,rep*Yval

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	

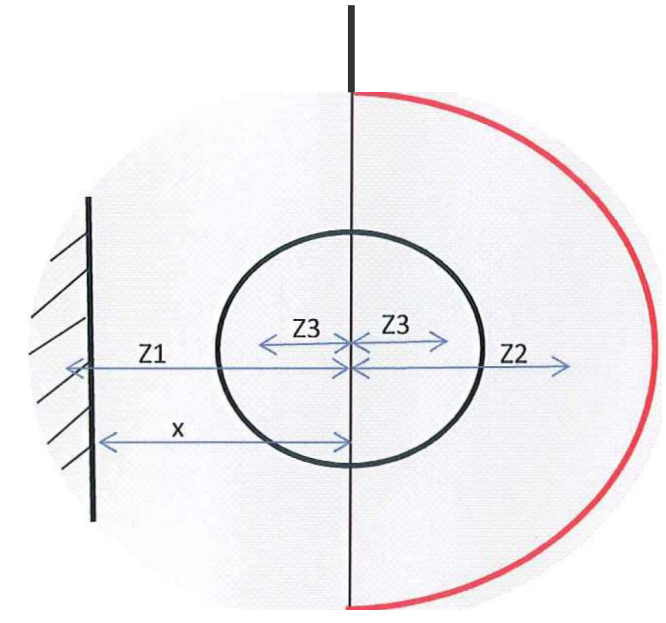
$$Acnod_{19} = 0.75\, fèd \cdot (ZJ + Z2) \quad \frac{Md}{} + \frac{Fv}{0.75fèd}$$

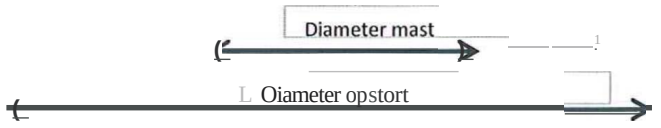
Bepaling Z2

0k,flank	16	mm	
Ok	25	mm	
Rl'lapening	2122	mm	Rl'lapening = R poer - c- Ok,flank 0,5*Ok
Z2	1351	mm	(functie Z2 zie blz A-2) Z2 = 0,6366* Rl'lapening

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

$$Fd = \frac{Fv}{2} + \frac{Md}{2.Z3}$$

$$Ft = \frac{-Fv}{2} + \frac{Md}{2.Z3}$$

Vergelijking cirkel

$y := 2 \cdot \mathrm{sqrt}(R^2 - x^2);$

$$2\sqrt{R^2 - x^2}$$

Oppervlakte cirkel

Ac ,- $0.5 \cdot \mathrm{pi} \cdot R^2 - tn/(y.$ xl;

$$0.5\,\pi R^2 - x\sqrt{R^2 - x^2} - R^2 \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{R^2 - x^2}}\right)$$

Bepaling zwaartepunt drukzone

Sy ,- $in/(x \cdot y.$ xl;

$$= \frac{2}{3}(R - x)(R + \mathrm{xl}\sqrt{R^2 - x^2}$$

$Sy\} := int(x \cdot y, x = XU..r);$

$$\frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,R^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,XU^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,R^2 + \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,r^2$$

$Z'' - \frac{Sy}{Ac};$

Zwaartepunt halve clt'keUlJn (Bepaling Z2)

R .- 2200; $C := 0;$

2200

0

$Y' - \mathrm{sqrt}(R^2 - (x)^2);$

j 4840000 $\overline{x^2}$

Lengte over halve cirkel:

L .- 'n'(sqrt(1 + (dlff(y. x))'). x =−R..C);

1100 π

My .- $int(x \cdot \mathrm{sqrt}(1 + (dlff(y.\ x))^2), x = -R\ .C);$

-4840000

$Z2 := evalf\left(\frac{My}{L}\right);$

- 1400.563499

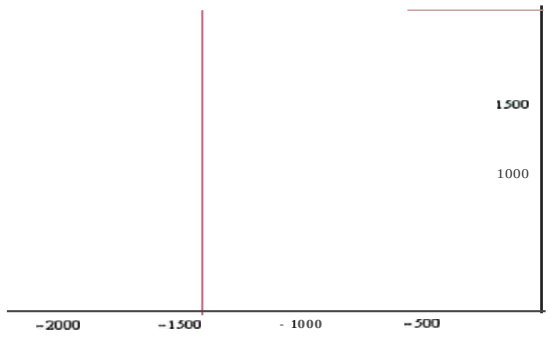
analytische contolc zwaartepunt bij integratie van een kwart cirkel. Dus van -R tot 0.

$z2 := -0.6366 \cdot R;$

- 14005200

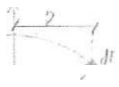
$P4$.- $plot([$ rZ2. 0]. lZ2. R lil :

$display((P1, P4));$



- **De neutraallijn is de Y-as**

Bepaling zwaartepunten Z_3



dl - " \\} , R. de

Z R. co ')

n(q) = Mmax. cos(⇒ dF = Mmax. cos(q). R d

,1/j. dF. Z //. :, cos(q). R rC,,· q dq

M: /1') :.k=1 R' " : I dq

!1. Mmax R' [½ I ¼ Sin(2q)]$_n^{11}$

/1 tinn, il /1'

(!" ... M / ll R² M / :- 1l D²

: Ir) C Mmax r' I(dq

,,11

Mmax «. [...]^{11} . /' /'.. ... IC

Z 'I/I / ll R² Z I'I / ll R

M - 1 2. Z3 - Z)) 2. Z3 / 11 1

Z " 1l Ic / '/

A-2

Bijlage B: Dimensionering wapening opstart

Dimensionering wapening opstort

Verticale wapening UGT

$N_{dt} = 1663.7\ kN$

$A_{sd} = \frac{N_d}{f_{yd}} = \frac{3657.10^3}{435} = 3824.6\ mm^2$

Keuze wapening $48\ø32 + 24\ø32$ $A_s = \frac{48}{4}\pi.32^2 + \frac{24}{4}\pi.32^2 = 5790.6\ mm^2$ in halve cirkel

Staafafstand $s_1 = (\pi.2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/48 = 139\ mm$ $s_2 = (\pi.2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/24 = 277\ mm$.

$A_s = \frac{1000}{139}.\frac{1}{4}.\pi.32^2 + \frac{1000}{270}.\frac{1}{4}\pi.32^2 = 8703\ mm^2/m'$

Toetsing verticale wapening in de BGT

$\gamma_n = 1,22$ (zie uitgangspuntennota)

De staalspanning in het zwaartepunt Z_z is gelijk aan:

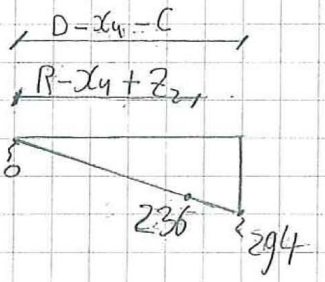
$\sigma_s = \frac{f_{yd}.A_{sd}}{\gamma_n.A_s} = \frac{435.3824.6}{1,22.5790.6} = 236\ N/mm^2$

De staalspanning in de buitenste wapening is gelijk aan:

$\sigma_{s,max} = \frac{\sigma_s}{(2200 - 361 + 1351)} \frac{D}{Z_2} \frac{x_u}{} \frac{C}{} = \frac{236.(4400 - 361 - 50)}{(2200 - 361 + 1351)} = 294\ N/mm^2$

waarde x_u zie sheet bepaling zwaartepunt

frequente staalspanning want $\psi_1 = 1,0$ bij hoekmasten



$W_k = s_{r,max}.(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

$s_{r,max} = k_3.c + k_1.k_2.k_4.\phi/\rho_{p,eff}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} > 0,6\frac{\sigma_s}{E_s}$

z.o.z

$k_3 = 3,4$
$k_4 = 0,425$
$k_1 = 0,8$
$k_2 = 0,5$
$\phi = 25$ 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
$x = x_u = 361$ mm

$$s_{rmax} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 32/0,031 = 348 \text{mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{294 - 0,4 \cdot \frac{3,8}{0,031} \cdot \left(1 + \frac{2,0 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^4} \cdot 0,031\right)}{2,0 \cdot 10^5} = 0,00125$$

$w_k = 348 \cdot 0,00125 = 0,43$mm

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{30} = 0,5$ mm

$w_{max} > w_k \Rightarrow$ Voldoet.

Berekening verticale wapening opstart

Input			
R poer	2200	mm	
Yn	1,22		Zie uilgangspunlennola
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 - 0k.nank - 1,5* 0 k
f_{yd}	435	N/mm^2	$f_{el.eft}$ 3,8 N/mm^2
Es	200000	N/mm^2	E_{em} 36000 N/mm^2

Belastingen			
Nd	16637	kN	(uil slaafmodel)

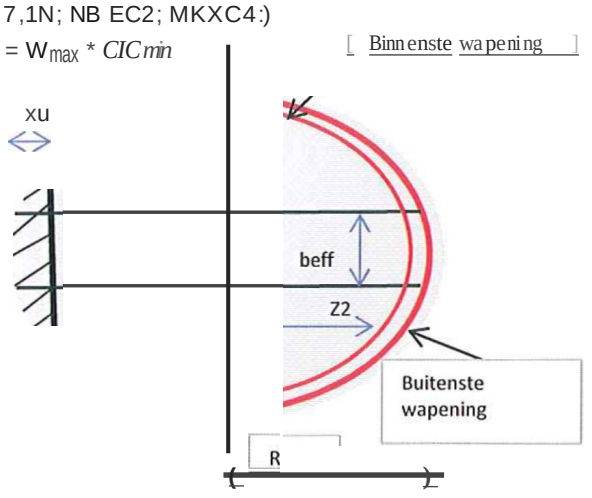
Keuze wapening buitenste wapening ring			Keuze wapening binnenste wapening ring		
0k	32	mm	0k	32	mm
n	48	sik. Per halve opstort	n	24	stk. Per halve opslort
As1	38604	mm^2 1 Halve opstort	As2	19302	mm^2 / Halve opslort
s	139	mm s = nl (R poer-c -0f1ank-0k)	s	277	mm
As1	5802	mm^2 1 m	As2	2901	mm^2 / m

Totale wapening						
AS,tot	57906	mm^2	(As1 +As2)	AS,tot	*8703*	mm^2/m (As1 +As2)

Toetsing wapening UGT			
Asd	38246	mm2 / Halve opslort	Nu = fyd * As2
U.C,	0,66	Voldoel	U.C. = *Nd*/ Nu

Scheurwijdte toetsing			
$\psi_{1,gem}$	1		$\psi_{1,gem}$ =1,0 voor hoekmaslen 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»)1 (R -xu+ Z2)
k1	0,8		k3 3,4
k2	0,5		k4 0,425
Beft	1000	mm	
Heft	285	mm	Heft = MIN(2,5*(2*R-d);(h-Xu)/3;(h/2»
Ppeff	0,031		Pp,eft = AS,tot! (Beft * Heft)
kt	0,4		
S,.max	348	mm	S,.max =k3*c+k1*k2*k4*dkl Pp.eft
Esm - Ecm	0,0012		(zie formule onder aan bladzijde)
Wk	0,411	mm	Wk = S,.max* (Esm - Ecm)
W_{max}	0,300	mm	(labeI7,1N; NB EC2; MKXC4:)
W_{kmax}	0,500	mm	W_{kmax} = W_{max} * *CICmin*
U.C.	0,82	Voldoet	

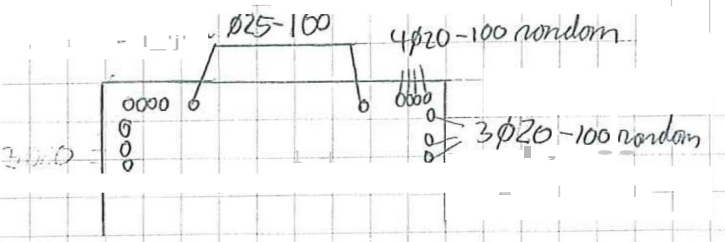
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{a\,s - k\,t\,\frac{'Cl.eft}{p\,p.eft}\,(1 + a\,e\,P\,p.eft)}{E\,s} > 0\,6\,\frac{\sigma_s}{Es}$$



Berekening horizontale wapening t.h.v. opstort

$N_d = 3657$ kN → uitvoer staafwerkmodel Rh 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

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{35} = 0,42\ mm$

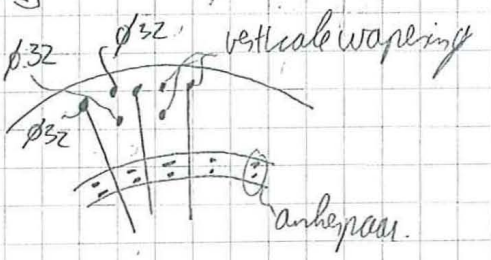
$s_{max} = 150\ mm$

$s_{aanwezig} = 100\ mm$

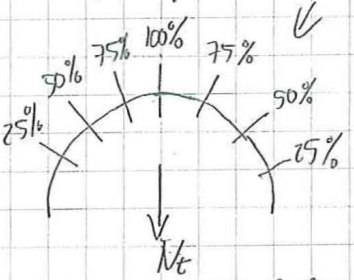
$s_{max} < s_{aanwezig}$ ⇒ Voldoet

Verankering verticale wapening met boorhart opstort

Voor de krachtsoverdracht moet de verticale wapening verbonden zijn met de horizontale wapening binnen de verkenning. De verkenning 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 verkenning, de staven gemiddeld 50% effectief zijn.

$$N_T = Gsd \cdot A_{bovennet} = \frac{Nd \cdot A_{bovennet}}{A_{s\,tot}} = \frac{3657 \cdot 10^3 \cdot 4908}{9305 \cdot 10^3} = 1929\ kN$$

$$N_u = \underset{\text{50\% reductie}}{\tfrac{1}{2}} \cdot \underset{\text{n ankerparen in halve cirkel}}{24} \cdot \tfrac{1}{4} \cdot \pi \cdot \underset{\text{}\phi_h \text{ zelfde als verticale wapening}}{32^2} \cdot 435/10^3 = 4190\ kN$$

$N_u > N_T \rightarrow$ 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) $\quad \eta_1 = 1$ (onderstaaf)

$\eta_2 = 1$ ($\varnothing \leq 32$ mm)

f_{ctd} (C45) $= 2{,}7 / 1{,}5 = 1{,}8$ N/mm² (opstat)

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 (opstat)

f_{bd} (C30) $= 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}3 = 2{,}9$ N/mm² (plaat)

$l_{b,rqd} = \dfrac{\varnothing \, \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$ $\qquad l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$ $\qquad \alpha_i$ (C: i = 1, 3, 4, 5) = 1,0

$\alpha_2 = 1 - \dfrac{0{,}15 \cdot (50 - 32)}{32} = 0{,}91$

$\sigma_{sd} = \dfrac{f_{yd} \cdot A_{nodig}}{A_{aanwezig}} = \dfrac{435 \cdot 31701}{50385} = 274$ N/mm² (Ø12 B-1 / Ø12 B-1)

Verankering haken in plaat:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}9} = 756$ mm $\qquad l_b = \alpha_i (1:5) \cdot l_{b,rqd} = 0{,}91 \cdot 745 = 688$ mm $\Rightarrow$ 700 mm toepassen

Verankering haken in b.h. opstat:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}8} = 783$ mm $\qquad l_d = 783 \cdot 0{,}91 = 712$ mm $\Rightarrow$ 730 mm toepassen

Verankering binnenanhanger

$\sigma_{sd} = \dfrac{N_T}{N_u} \cdot f_{yd} = \dfrac{1779 \cdot 10^3 \cdot 435}{\frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \pi 20^2 \cdot 435} = 391$ N/mm²

$l_{b,rqd} = \dfrac{25 \cdot 391}{4 \cdot 2{,}8} = 873$ mm $\qquad l_{bd} = 873 \cdot 0{,}91 = 794$ mm $\Rightarrow$ toepassen 800 mm

2564 + 630 = 3194 mm (uitgangspunten nota).

Afstand anhanger tot rand opstat 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.
Sterkte = 60% t.o.v. t=28 dagen

Nieuwe wapening: ø16-100

Materiaal eigenschappen:

C45/55 ⇒ t=28 dagen

$f_{ccm(60\%)} = 0,6 \cdot (55+8) = 37,8\ N/mm^2$
$f_{ctm(60\%)} = (0,6 \cdot 53 - 8) = 23,8\ N/mm^2$
$f_{ctm(60\%)} = 0,3 \cdot f_{cm}^{2/3} = 2,5\ N/mm^2$

$E_s = 2 \cdot 10^5\ N/mm^2$
$E_b = 22 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 53}{10}\right)^{0,3} \cdot 10^3 = 31000\ N/mm^2$
$n = \frac{2 \cdot 10^5}{31000} = 6,43$

Berekeningspanningen:

$\sigma_{cr} = 0,75 \cdot f_{ctm} = 0,75 \cdot 2,5 = 1,87\ N/mm^2$ (spanning waarbij beton gaat scheuren)

$$\sigma_{s,cr} = \frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\frac{n \cdot \sigma_{cr}^2}{2} + \frac{f_{cm} \cdot E_s \cdot (0,5 \cdot w_{gem})^{1,18}}{0,4 \cdot \phi}}$$

$$\sigma_{scr} = \frac{6,43 \cdot 1,87}{2} + \sqrt{\frac{6,43 \cdot 1,87^2}{2} + \frac{37,8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (0,5 \cdot 0,3)^{1,18}}{0,4 \cdot 16}} = 361\ N/mm^2$$ (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 onverhoogde 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 onverhoogd 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]	Ok	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 = O,75*fctm

Spanning in het staal op het moment van scheuren

Gscr	361	[N/mm2]

$$\sigma_{s,cr} = \frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(0 \cdot \frac{\sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \frac{f_{ccm} \cdot E_s \cdot (0{,}5\ w_{mo})^{1{,}1}}{0{,}4 \cdot \varnothing}}$$

Overdrachtslengte

lst	200	[mm]

$$lst = \frac{1.2 * wrno * Es}{Gscr}$$

Effectieve hoogte betondoorsnede

heff	331	mm	heft = c + 2*Ok + 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 = (GO+2,4*Gscr)

Rek waarbij het beton scheurt

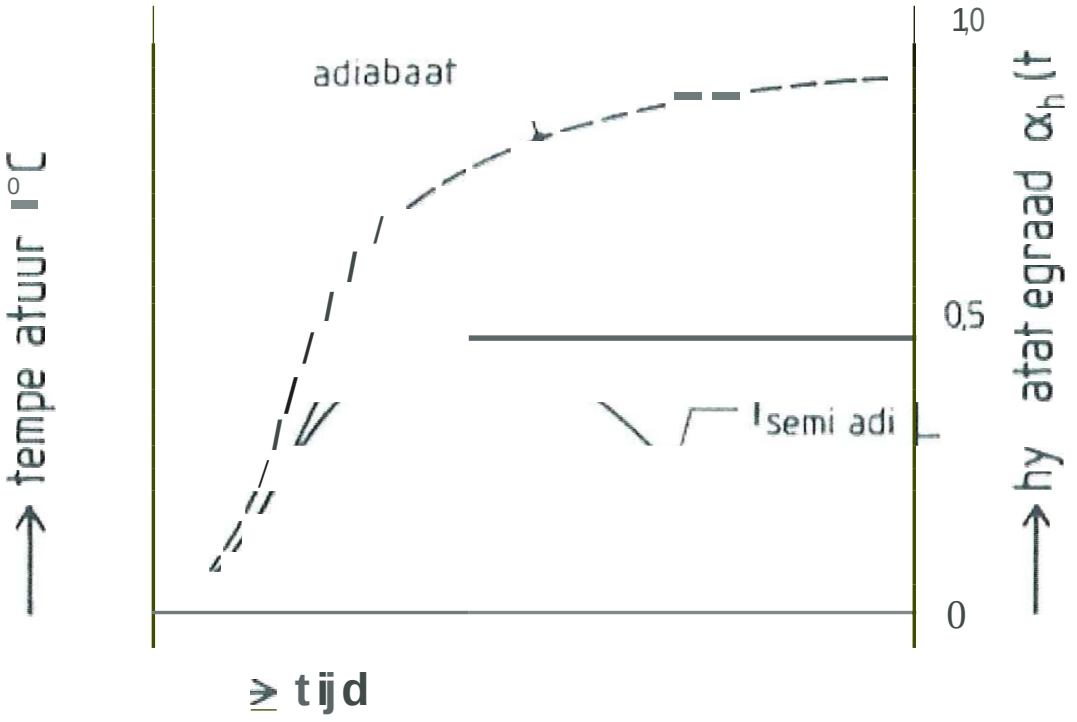
e,cr	5,98E-05	eer =*Gcrl* Eb

U.C. Rek	6,46E-02	Kleiner dan i , dan is de aanname van een onvoltooid scheurpatroon correct

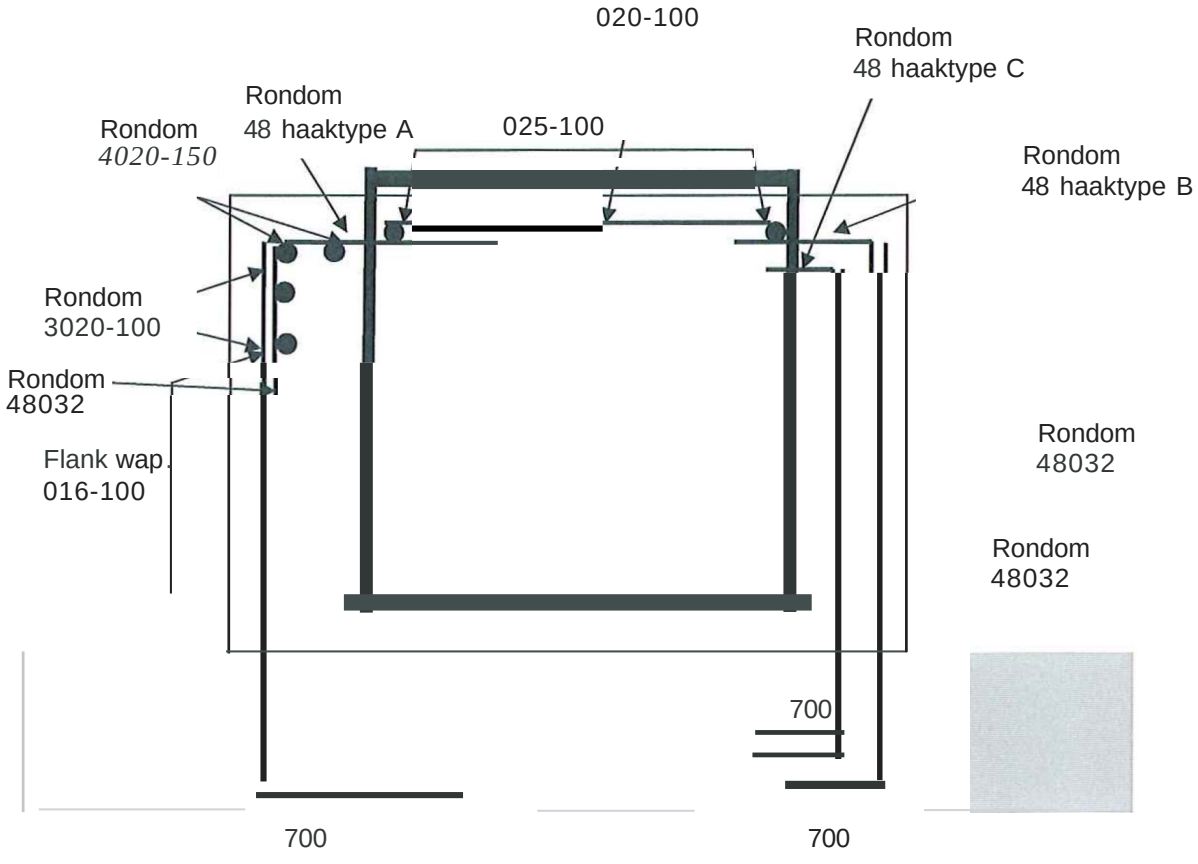
Maximale toelaatbare hydratatie warmte

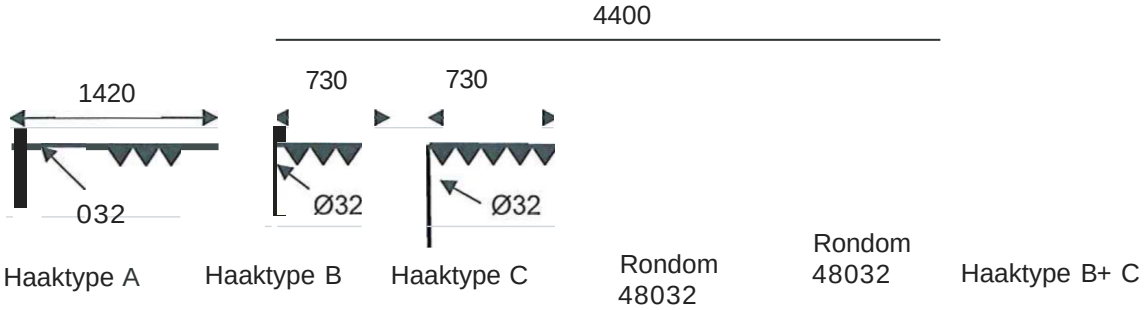
Temperatuur verschil waarbij scheuren ontstaan

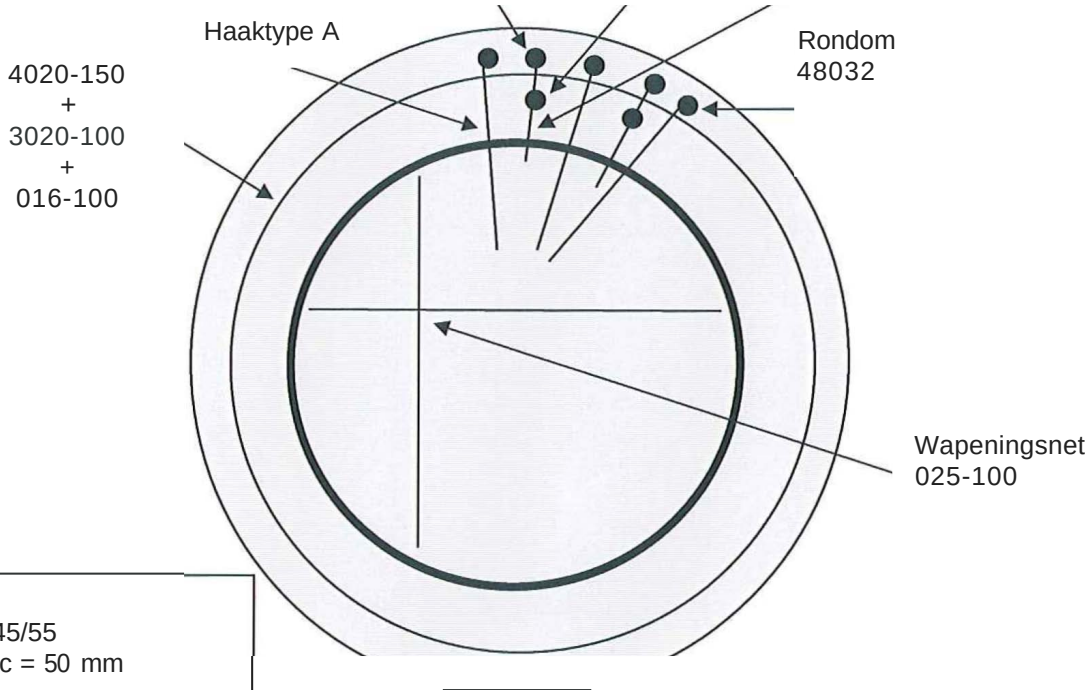
delta T	93	°	T =e fdc */* ac



De 28 daagse sterkte wordt ongeveer bereikt bij een hydratatiegraad van 0,8. De maximale temperatuur treed op bij een hydratatiegraad van O,S. Dit betekend dat (0,5 * 100/ 0,8 = 62%) ongeveer 60% van de 28 daagse sterkte ontwikkeld is.







Opstart
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		Aantal knopen	Aantal staven	Aantal platen	Aantal vaste lichamen	Aantal gebruikte doorsneden	Aantal belastingsgevallen	Aantal gebruikte materialen	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	NEN	Scia Engineer 10.'.556	Raamwerk XZ	Geavanceerd							1	20 vakwerk model.esa	S:\HI\BREIJN\SIVU na 1 mei (C&G) vakwerkmodel op

2. Doorsneden

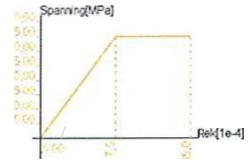
Naam	CSI	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	1000; 300	
Onderdeelmateriaal	B 35	
Bouwwijze	beton	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	

A [01^2)	3,OOOOe-Ol	
A y, z [01^2)	2,5000e-01	2,5000e-Ol
I y, z [ol']	2,5000e-02	2,2500e-03
I w (01^6), t [01^4]	O,OOOOe+OO	7,2355e-03
Wel y, z (01^3)	5,OOOOe-02	l,5000e-02
Wpl y, z [01^3]	7,5000e-02	2,2500e-02
d y, z [Olm]	0	0
c YLCS, ZLCS [Olm)	150	500
alpha [deg)	0,00	
AL *[01^2/01]*	2,6000e+00	

3. Materialen

Type	Beton
Naam	B 35
Thermisch ui!z. *[m/mK)*	0,00
Massa eenheid [kg/mm^3)	0,0
E-mod [MPa]	3,1000e+04
Poisson . nu	0,2
Onafhankelijke G-modulus	×
G-mod [MPa]	l ,2917e+04
Karakteristieke kubusdruksterkte (rek) [MPa]	35,00
Gemiddelde treksterkte [MPa)	2,80
Cementklasse	32.5
Door gebruiker gedefinieerde treksterkte (fbrep)	×
Representatieve treksterkte (fbrep) [MPa]	1.96

bre jn	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)** [MPaJ	21,00
Rekenwaarde van de treksterkte (Ib) [MPa)	1,40
Gemiddelde treksterkte (Ibm) [MPa)	2.74
Gemeten waarden van gemiddelde druksterkte (invloed van ouderdom)	×
Spanning/rek voor niet-lineaire analyse	

4. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Fd	Variabel	LG2	Statisch

Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
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. 10-staat

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
Puntlas12	K9	BG2 - Fd	GCS	Z	Kracht	-20914
Puntlast3	K9	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482
Puntlast4	K11	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482

	Project	Inleiding krachten in de oostort
	Onderdeel	Poertype R38.5N
	Omschrijving	20 vakwerk model
	Nationale nonn	NEN
	Auteur	L Bouvy

9. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

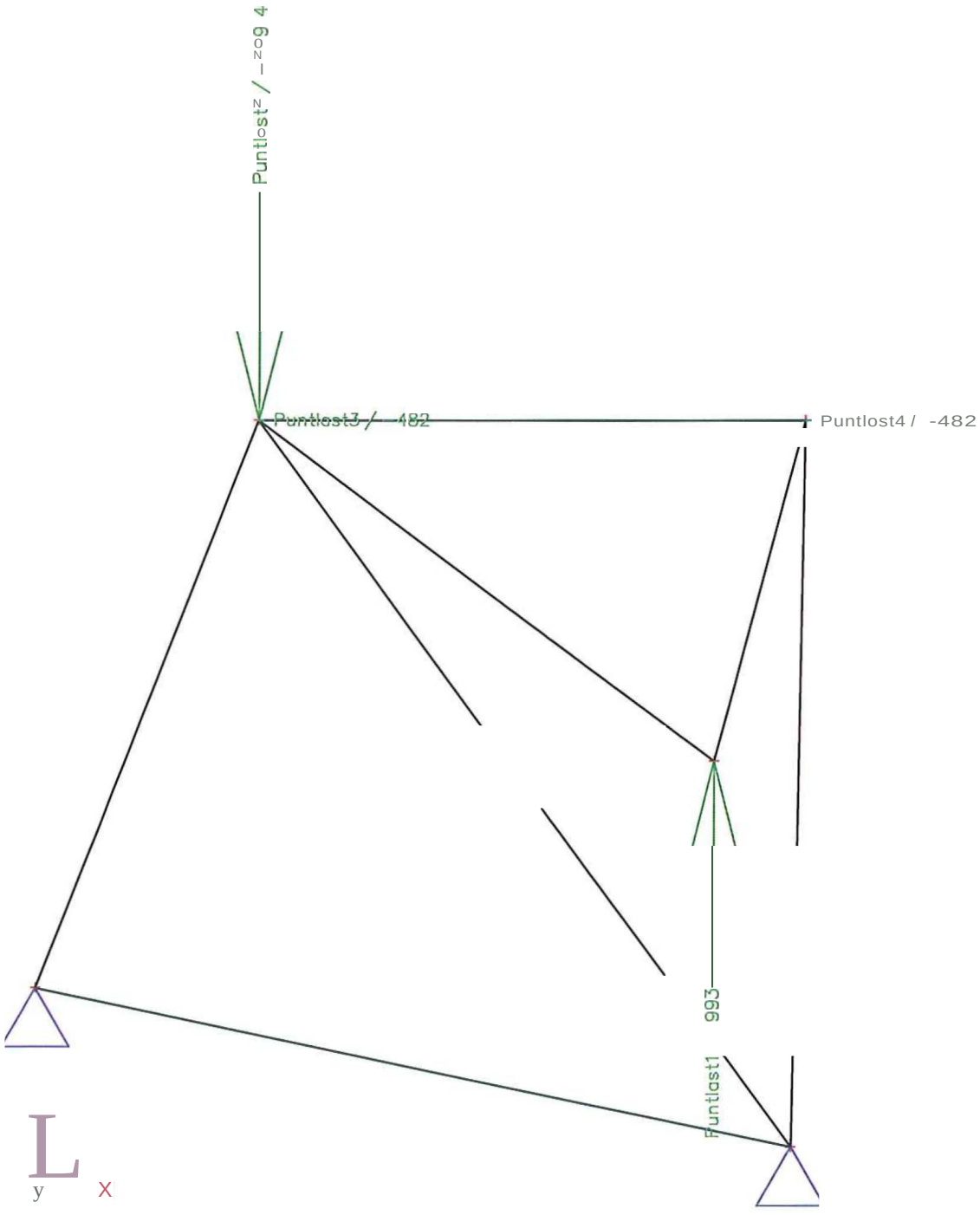
Aantal 20 elementen	0
Aantal 10 elementen	7
Aantal netknopen	5
Aantal veroelïkinaen	30
Belastinggevallen	BG2
Start berekening	17.08.2012 12:09
Einde berekening	17.08.2012 12:09

Som van lasten en reacties.

	lkN	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 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	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

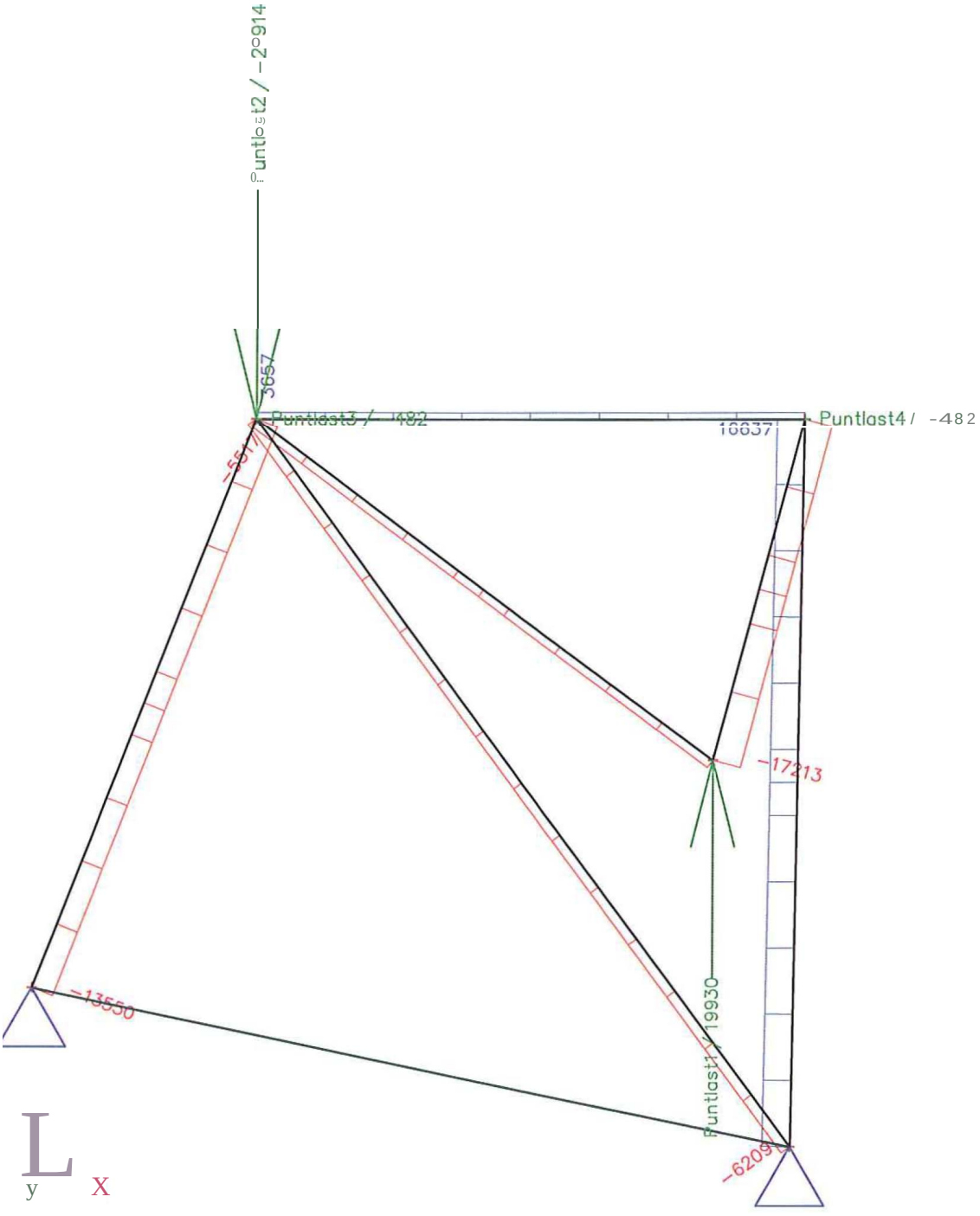


S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI2410010\FunderingenINieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekeningl
2D vakwerk model.esa

B-14

Project	Inleiding krachten in de opstart
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

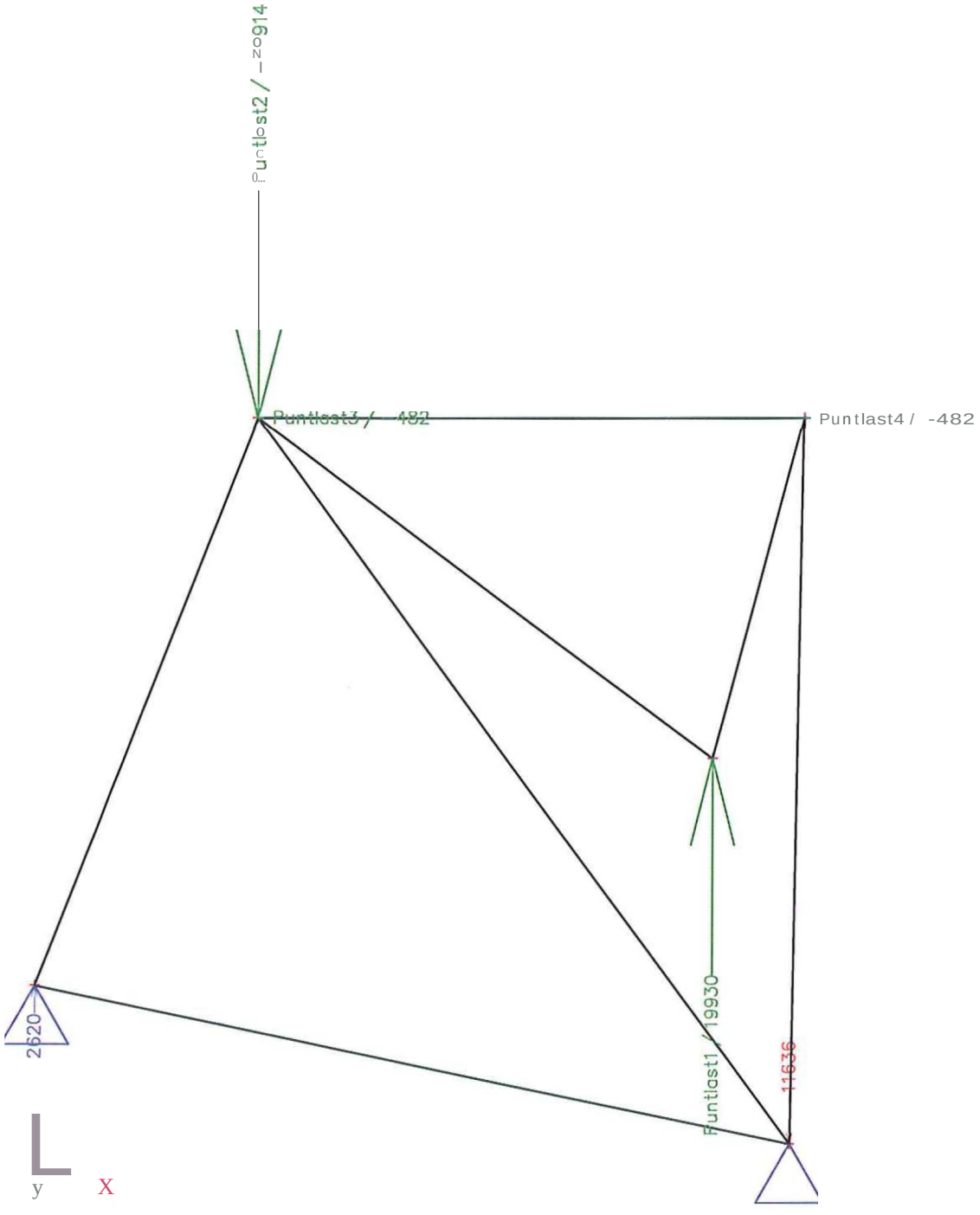
11. Interne krachten in staaf



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLE\2410010IFunderingenINleuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodet opstart) + wapening berekeningl
2D vakwerk model.esa

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale **norm**	NEN
Auteur	L Bouvy

12. Reacties



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI241 001 O\FunderingenlNieuw na mei (C&G)lVoorbeeldberekeninglBijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekeningl
2D vakwerk model.esa

B-16

Bijlage C: Model funderingsplaat

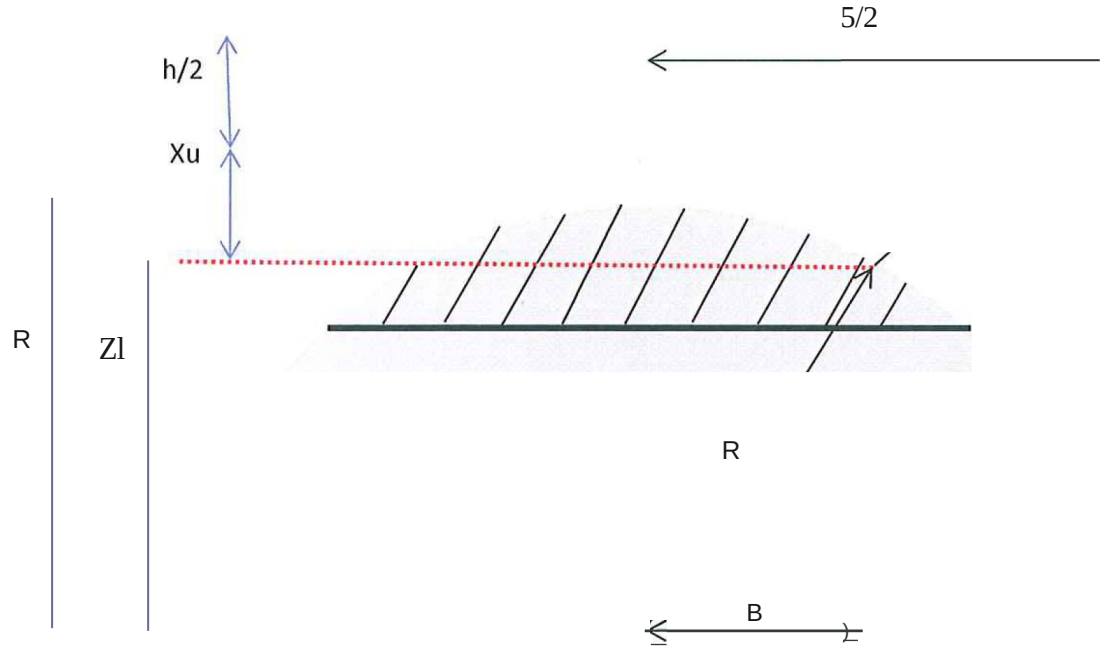
Bepaling spreidingsgebied
rond opstart

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	$B = \sqrt{R^2 - Z12}$
a	0,98	rad	$\alpha = \arctan(\frac{3}{2})$
S	4043	mm	$S = 2B + 2(\frac{1}{2}h + Xu)\tan(\alpha)$
	≈ 4060 mm		



* *Bepaling spreidingsgebied op basis van artikel* 7.5.4.3 *van de NEN6720*

Project	Tennel: 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 slaven :	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\SIVI na 1 mei (e&G) plaatmodel poer)\

2. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kgfmm')	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G·mod [MPa]	Thermisch uilz. [mfmK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	0.00	1,OOOOe+04	0,2	*4,1667e+03*	0,00	30,00
C45/55	Beton	0,00	1,OOOOe+04	0,2	*4,1667e+03*	0,00	45,00
C30/37 Geen EG	Beton	0,00	1,OOOOe+04	0,2	*4,1667e+03*	0,00	30,00

3. Niet-lineaire functies

Naam	Type	u f F (m,MN)	u / F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,OOOOe+00/1,3200e+02	-1,OOOOe+00/-5,2800e+02 1,OOOOe+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 V-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-V-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-richtino	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-richtina	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-V-richting	100
BC4: Trek1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BGG - BGT Moment + Dwarskracht X-richtina	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-richtinq	1,00
BCG: 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-richtina	1,00
BC7: Druk1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BGG - 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-richtinq	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-V-richting	122
BC10: Trek1	Uiterste Grensloestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BGG - 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-richtino	1,22
BC12: Trek3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewichl 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

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

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 plaaUschaal 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 elemenUgekromd element [mm]	300,000
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1Delement	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						
20·element systeemvlak op, Exc. z (mmJ. D. Imm). Punt 4. Knoop, Rand, Gewicht	Opstart 1 Midden	Poer 900	C45/55	konstant 2700	K43 K40 As	Cirkel door centrum en straal
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	**OpSlart 2**	**Poer**	***C45/55***	**konstant**		
2D-element systeemvlak op, Exc. z (mmj. D. [mm]. Punl 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

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

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

C-5

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stift Z [MNfm]	Rx	Ry	Rz
Sni0 K90	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sni4 K96	GCS	Standaard Rx4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sni5 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
Sni 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
Sn3i 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 K8i	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 Ki00	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37 Ki02	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38 Ki04	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 Ki05	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 Ki08	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4i Ki09	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingslype 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-V-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 V-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF15	GCS Lengte

14. Vrije oppervlakte last

Naam, Belastingsgeval	FF9 1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF10 1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting
Naam, Belastingsgeval	FF12 1	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting
Naam, Belastingsgeval	FF13 1	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Naam, Belastingsgeval	FF14 1	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Naam, Belastingsgeval	FF15 1	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Naam! Belastingsgeval	FF16 1	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting

15. Lasten op oppervlak

Naam	SF1	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kNlm'], Coeft	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kNlm'], Coeft	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kNlm'), Coeft	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kNlm'), Coeft	-29	
Naam	SF5	

Project	Tennet: Fundatie Winlrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingslype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	52	
Naam	SF17	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	52	
Naam	SF18	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m²]*, Coeft	52	
Naam	SF19	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m')*, Coeft	52	
Naam	SF20	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m')*, Coeft	37	
Naam	SF21	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m']*, Coeft	37	
Naam	SF22	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type. Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m')*, Coeft	37	
Naam	SF23	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS. Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m']*, Coeft	37	
Naam	SF28	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengelVïcht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV	
Onderdeel	Funderingstype R	
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer	
Nationale norm	EC - EN	
Auteur	L.Bouvy	

Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'), Coeft	-50	
Naam	SF29	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'), Coeft	-50	

16. Berekeningsverslag

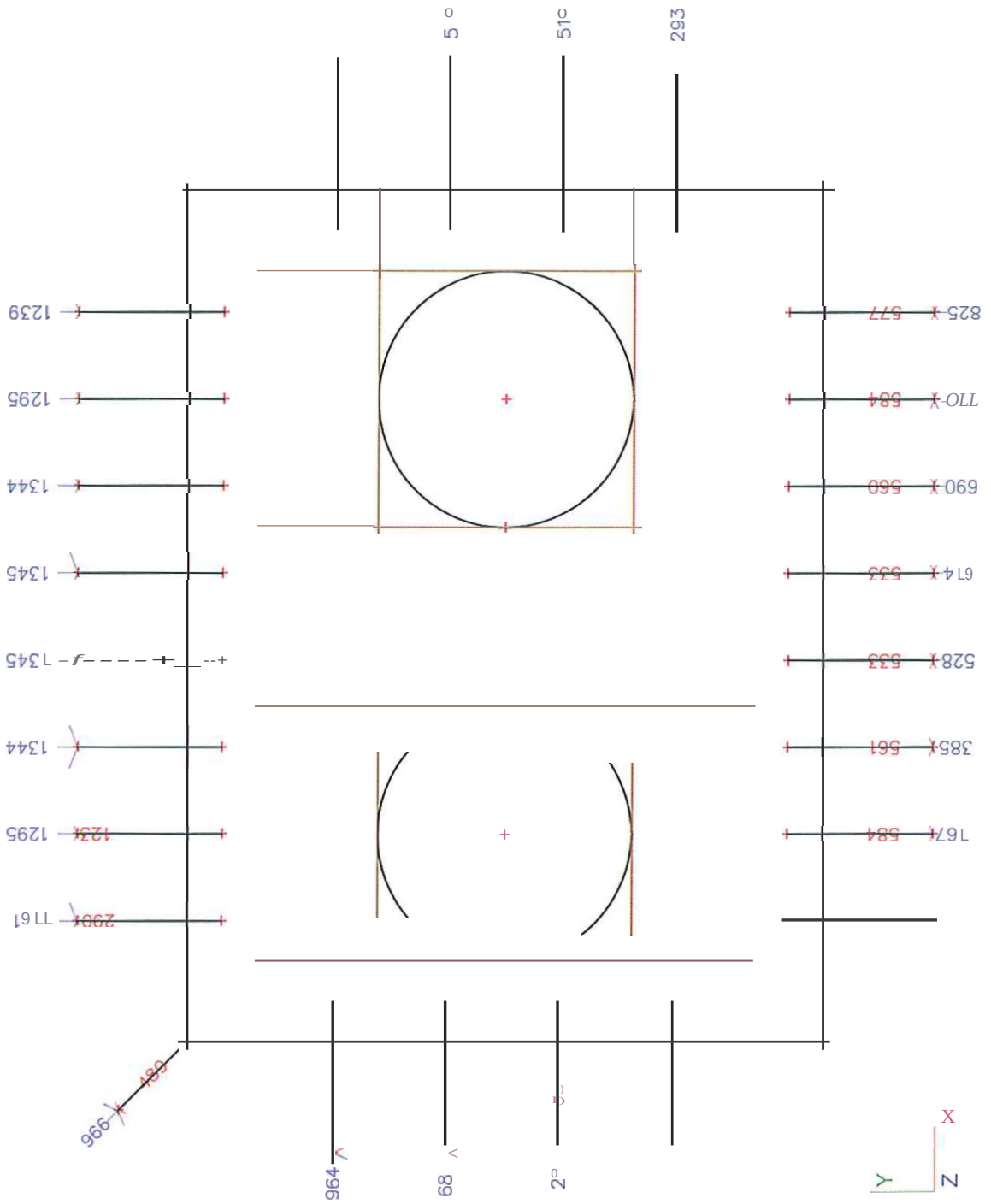
Calc protokol

Verslag berekening.

C-9

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

17. Reacties Rz UGT

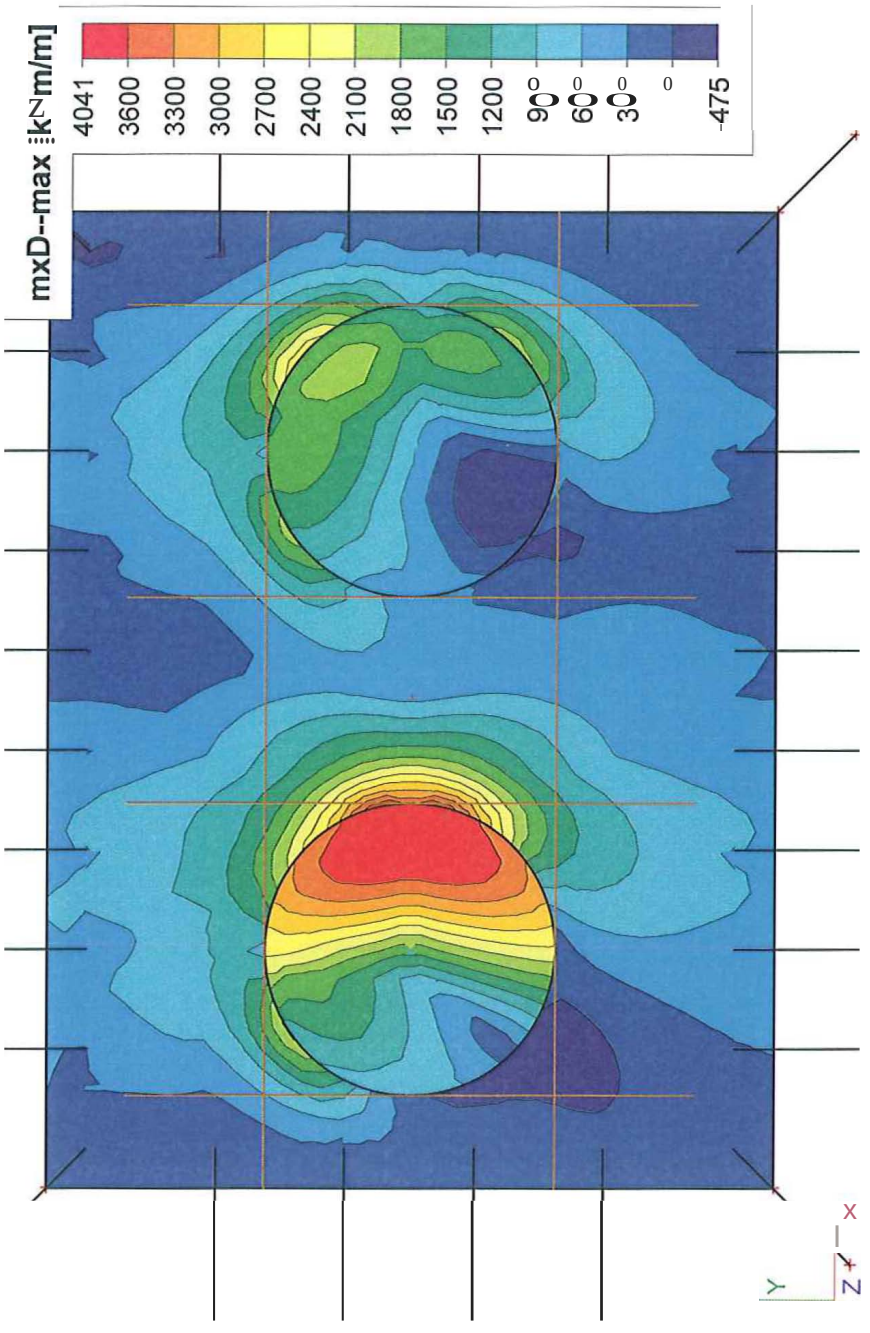


S:\HIIBREIJNISIVUG\ProjectenIGWLEI2410010\FunderingenINieuw na 1 mei (C&G)\VoorbeeldberekeningIBijlage C (Scia plaatmodel poer)1
Poertype R **NIET** lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

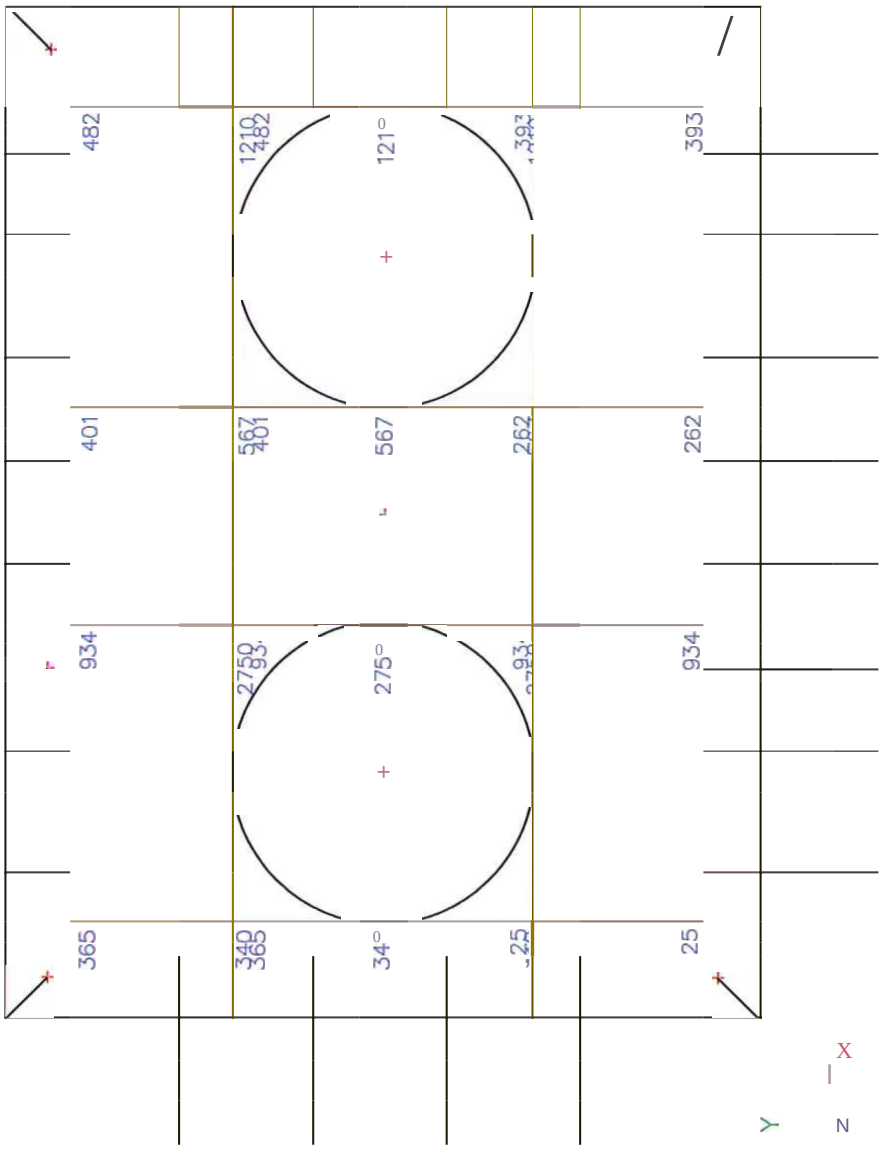
18. Wapeningsmomenten in x-richting

18.1. Onderwapening

18.1.1. Mxd- UGT



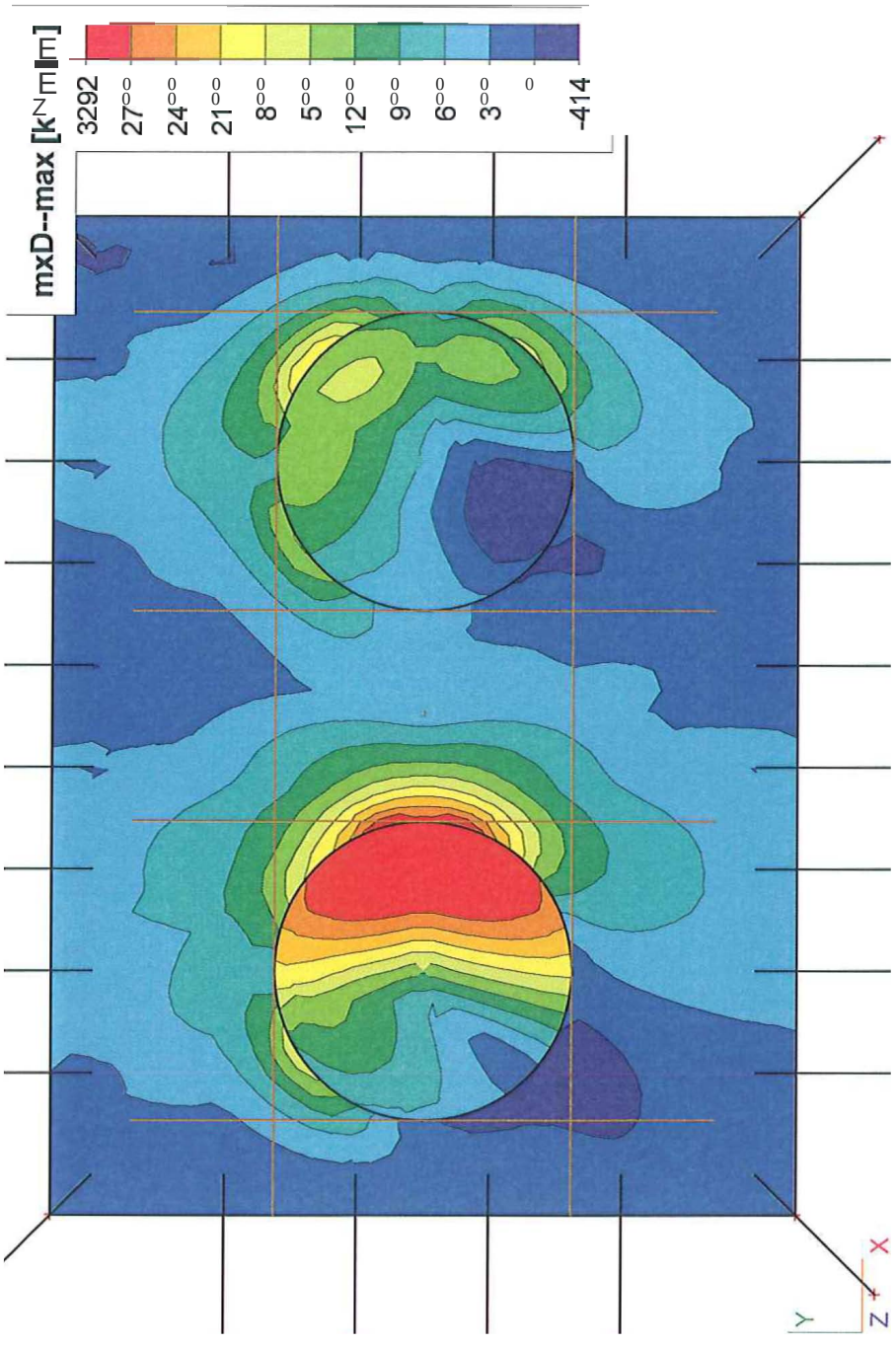
18.1.2. **Mxd- UGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjeetenIGWLE\241 001 OIFunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Seia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-12

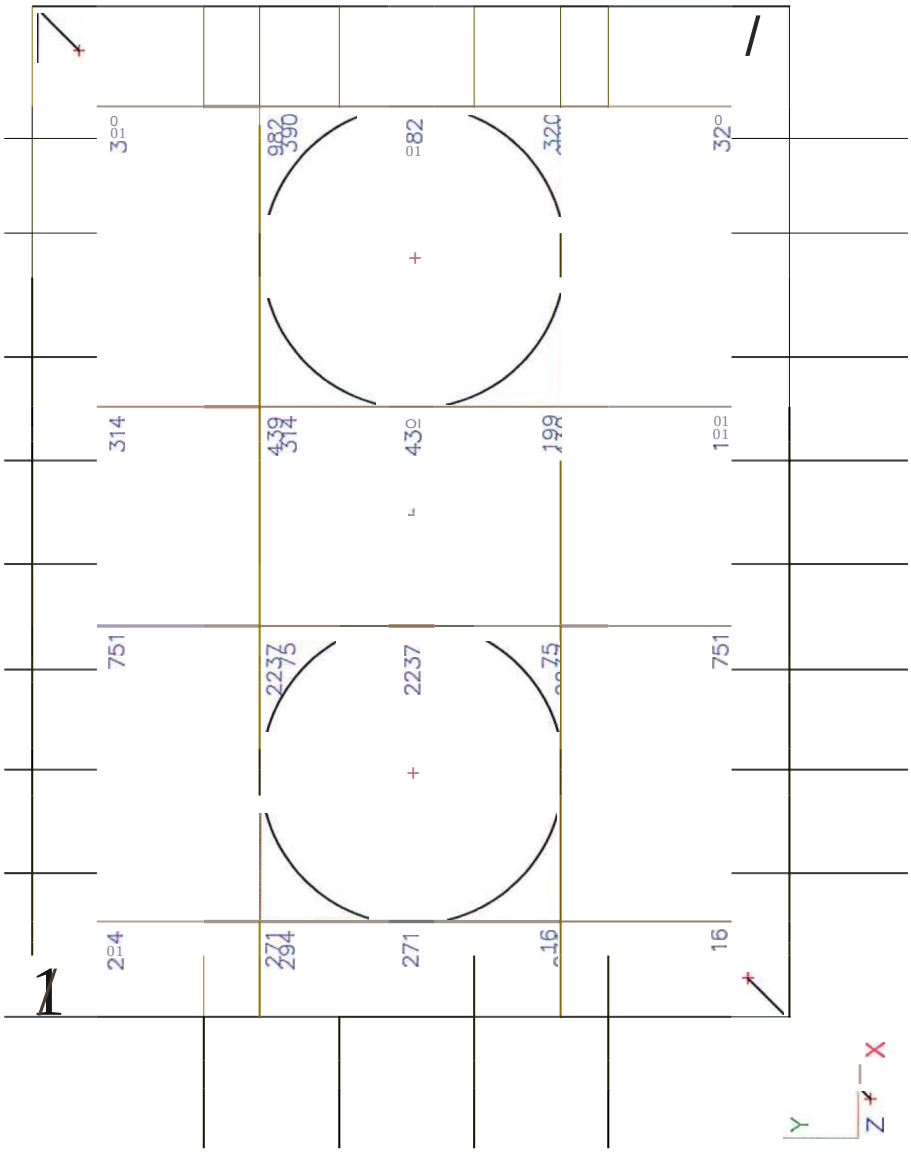
18.1.3. Mxd· **BGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjeelenIGWLE12410010IFunderingenINieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Seia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000. schoor 10.esa

C-13

18.1.4. **Mxd- BGT**

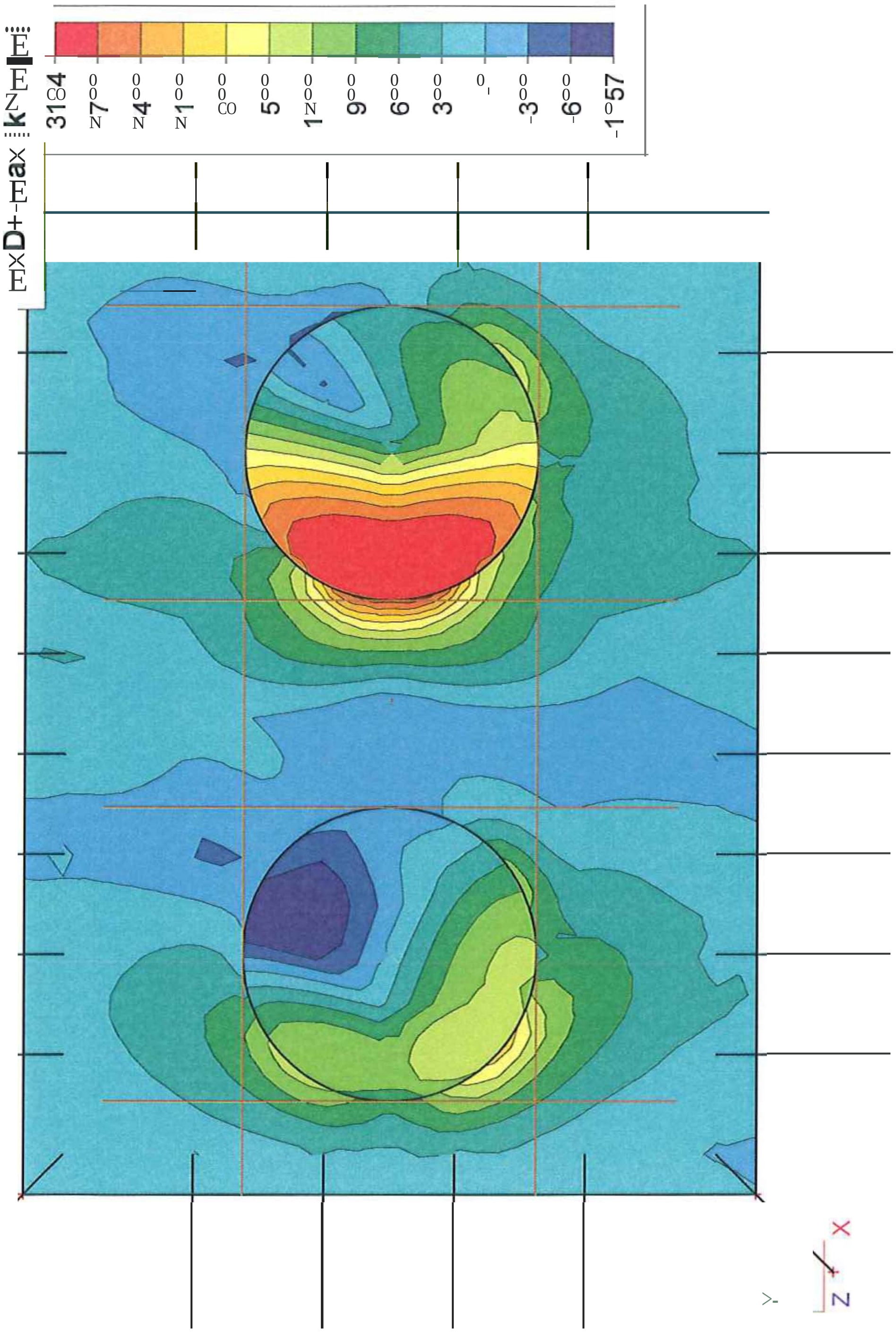


S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI2410010IFunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend. PP hoog *V2,Emod* 10000. schoor 10.esa

C-14

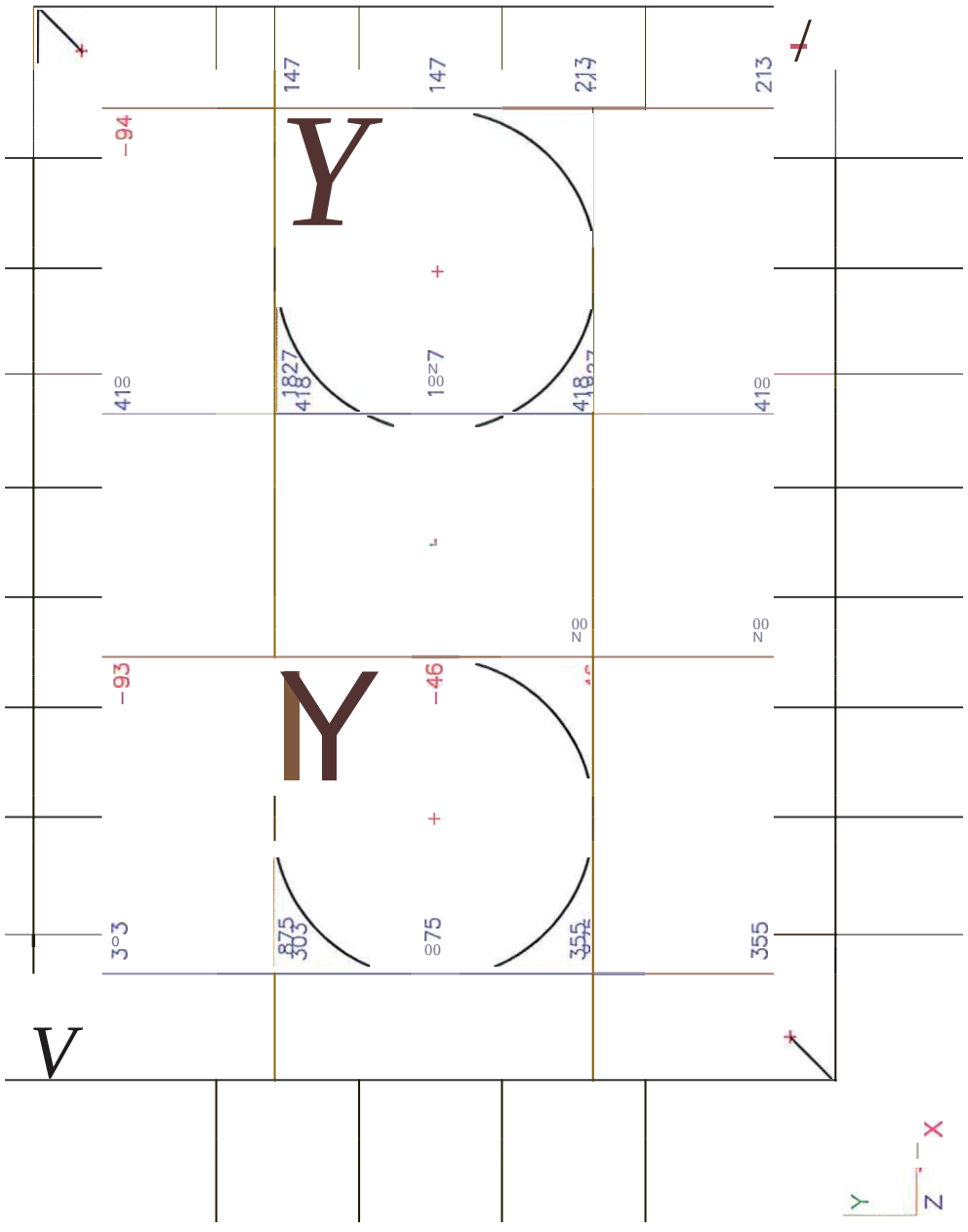
18.2. Bovenwapening

18.2.1. Mxd+ UGT



C-15

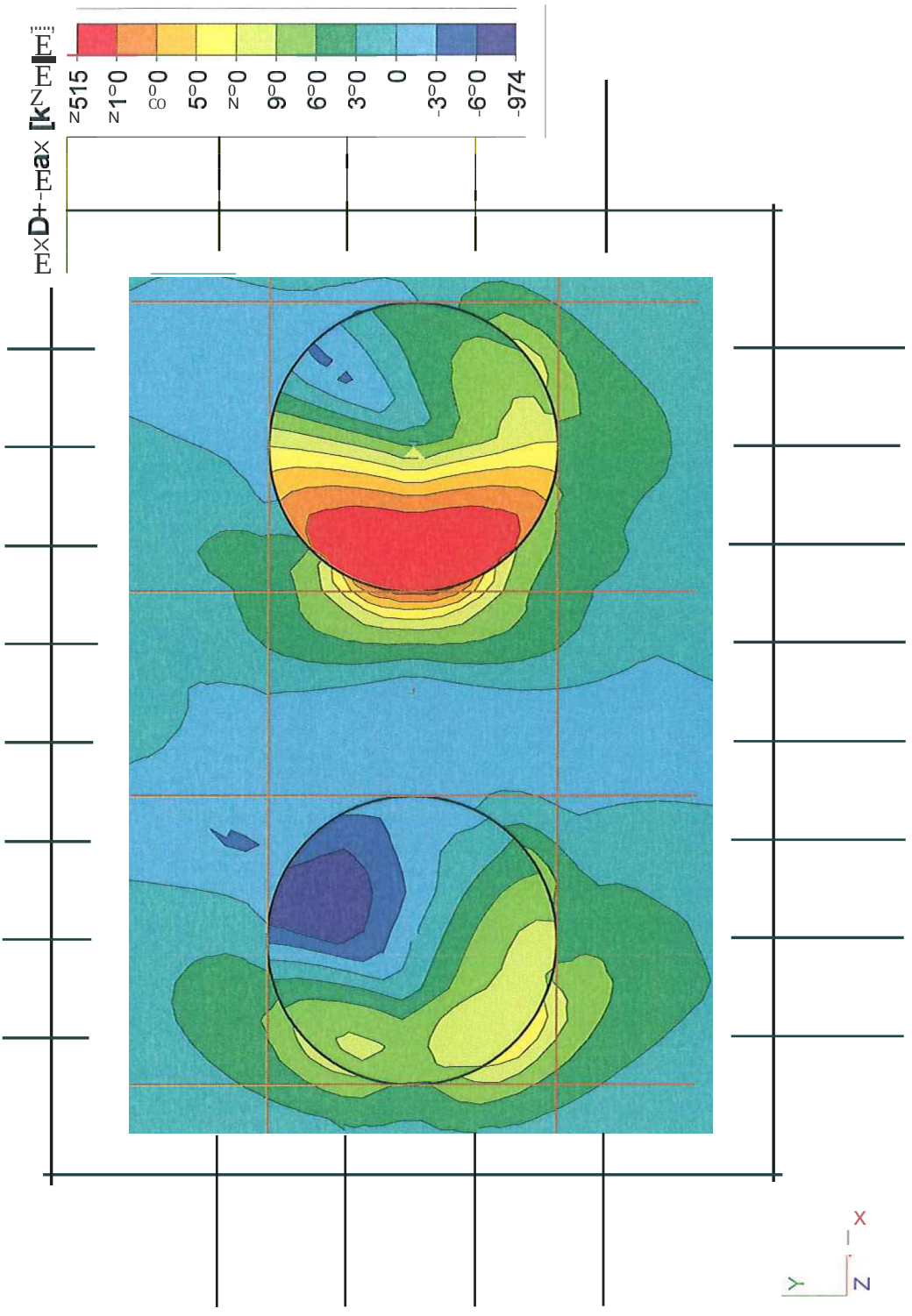
18.2.2. Mxd+ UGT



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI241 001 OIFunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)1
Poertype R NIET lineair gerekend. PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-16

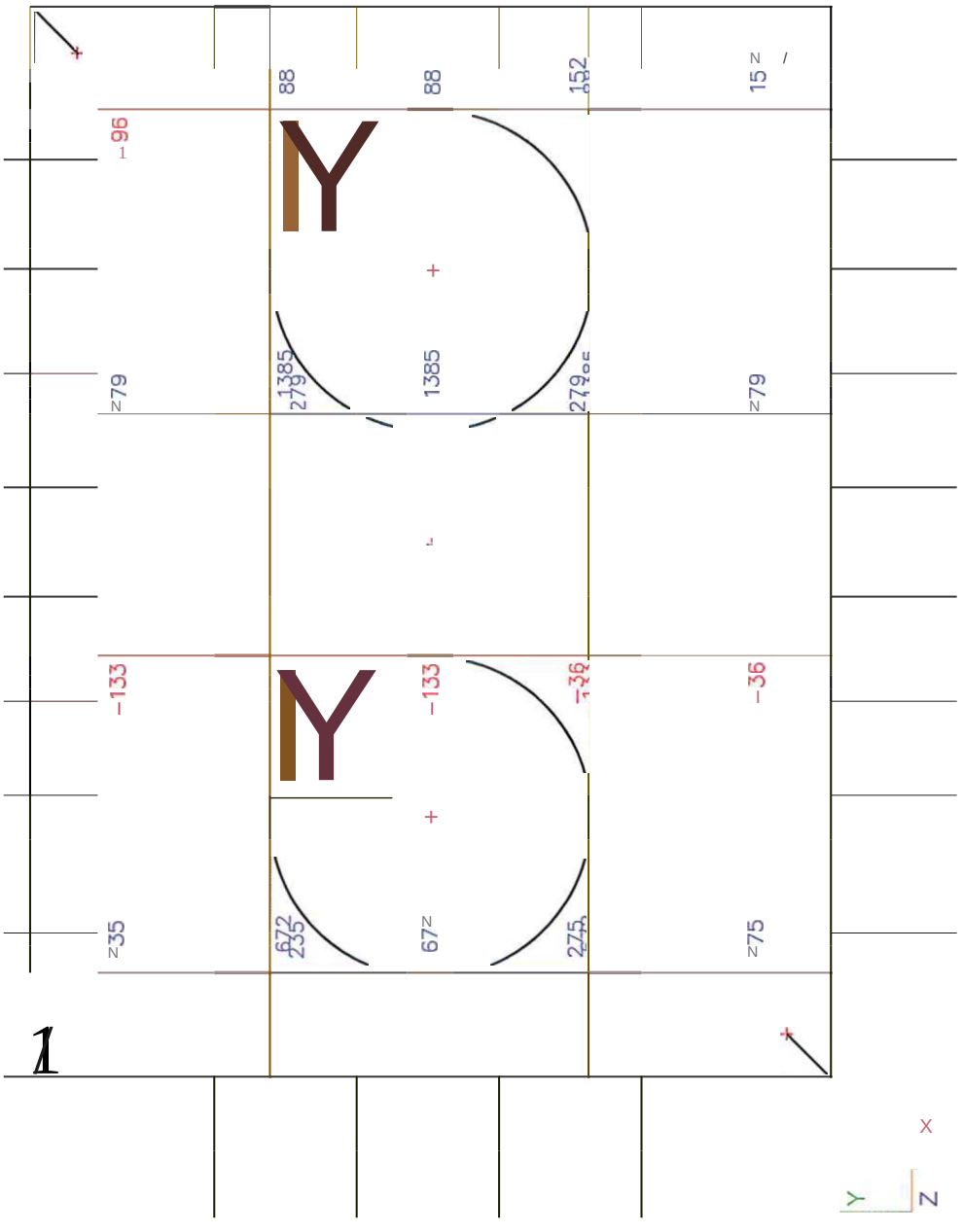
18.2.3. Mxd+ BGT



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjeclenIGWLEI2410010IFunderingenINieul'! na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaalmodel poer)1 POBrtype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esB

C-17

18.2.4. **Mxd+ BGT**

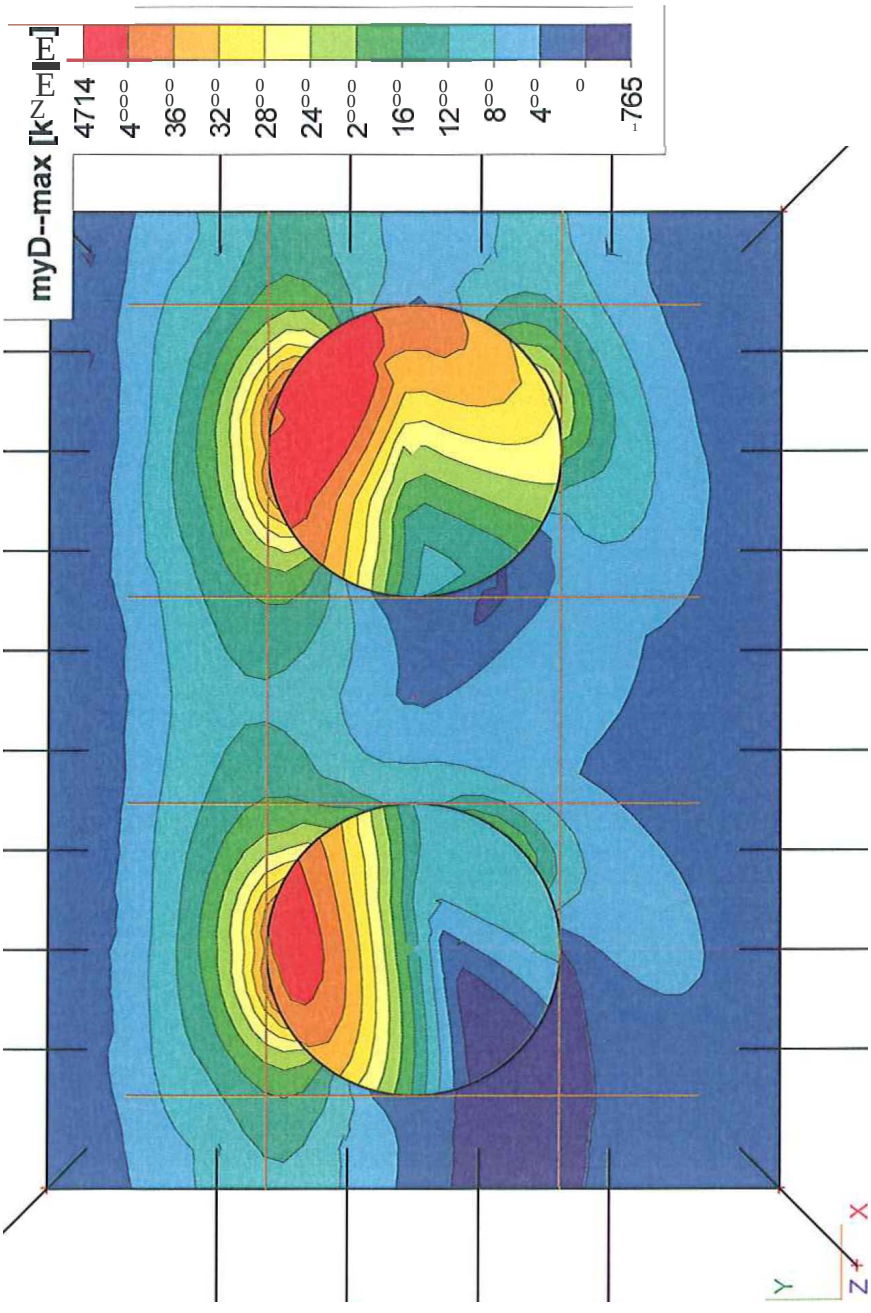


S:IH1IBR EIJNISIVUGIProjectenIGWLEI24 1001 OIFunderingenINieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeningIBijlage C (Seia plaatmodel poer)1
Poertype R NIET lineair genekend, PP hoog V2, Emod 10000, schoor 10.eS8

19. Wapeningsmomenten in y-richting

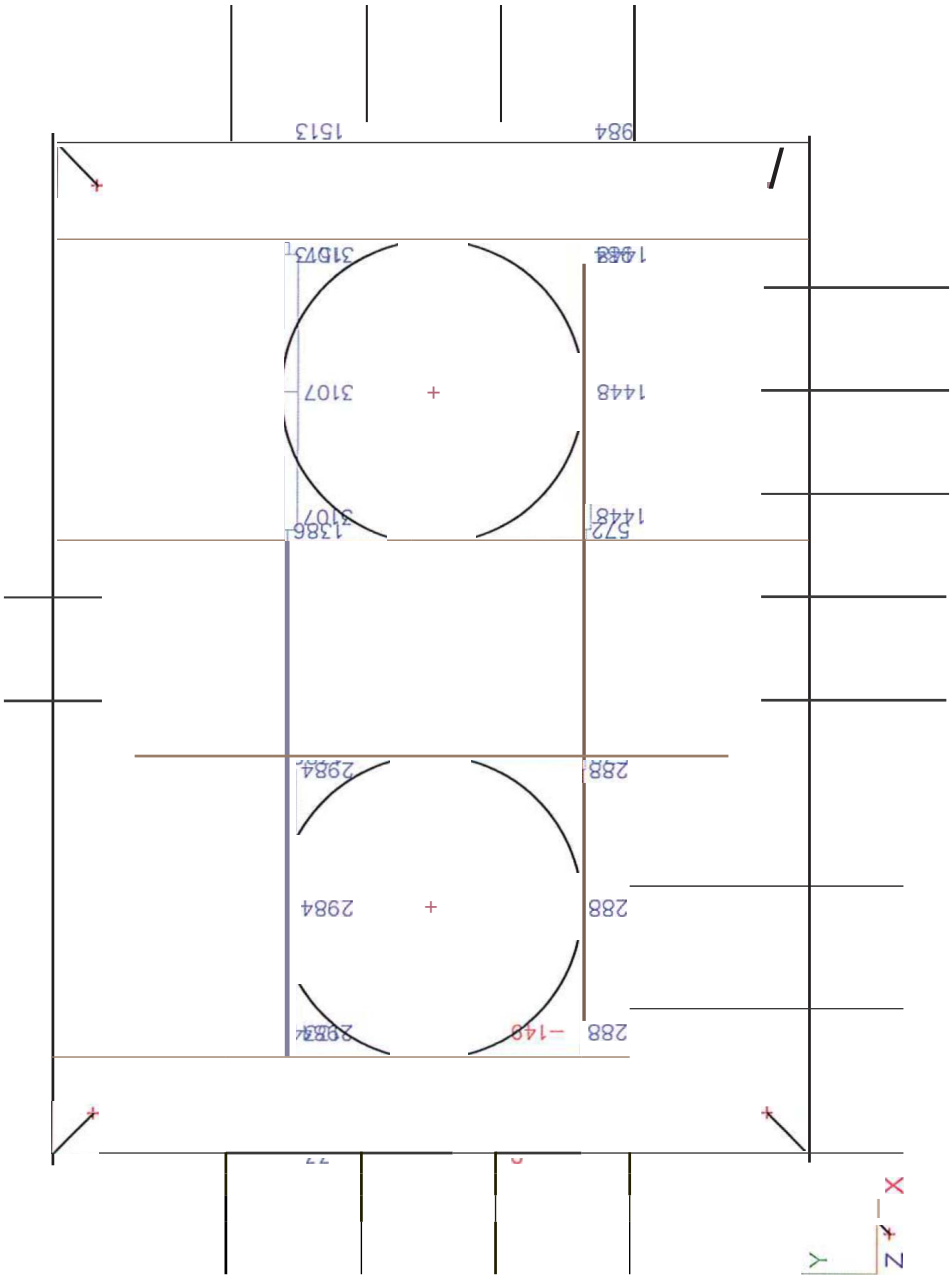
19.1. 0nderwapening

19.1.1. Myd- UGT



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaalmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend. PP hoog *V2,Emod* 10000, schoor 10.esa

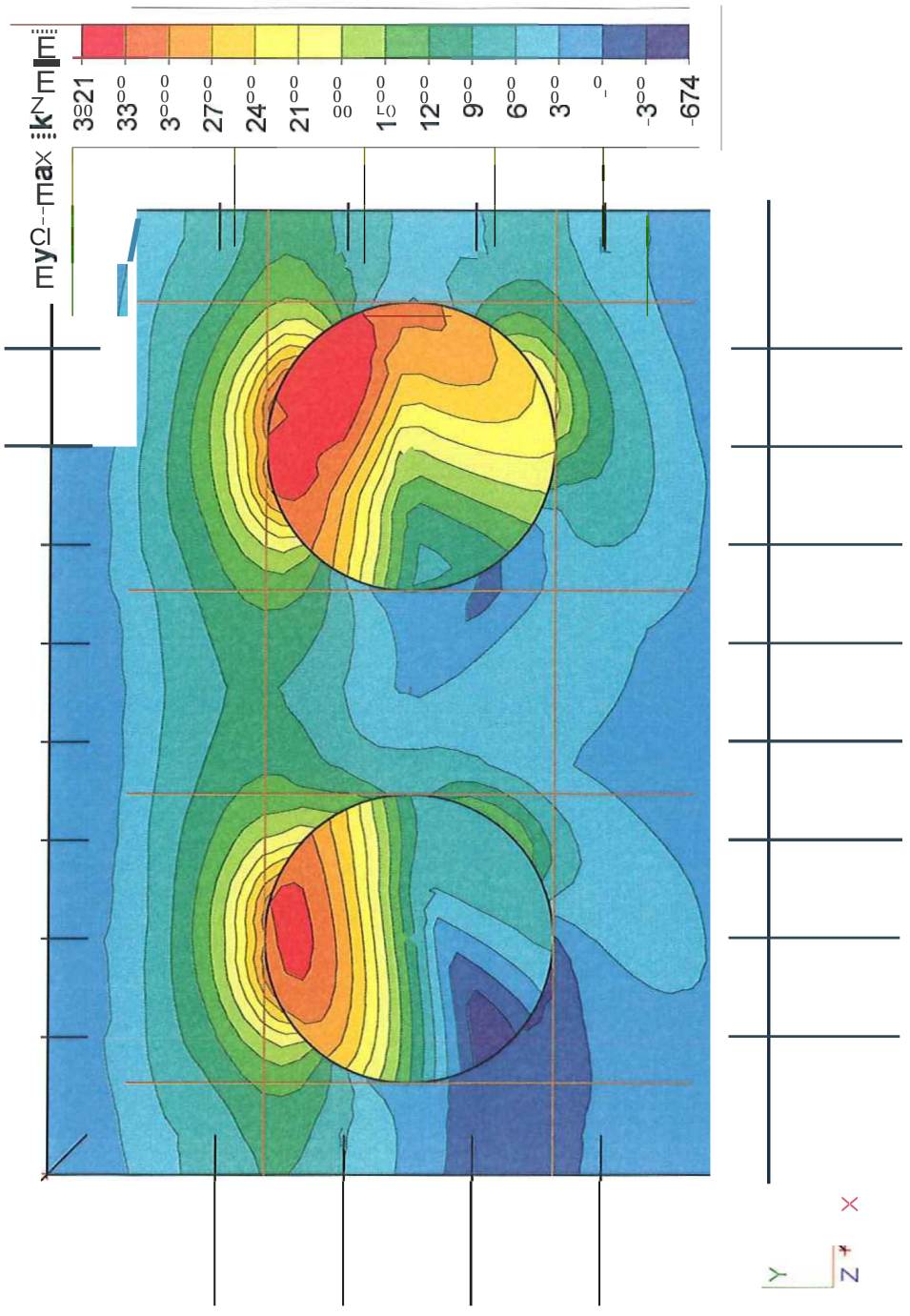
19.1.2. **Myd- UGT**



S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLEI241 001 OIFunderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\VoorbeeldberekeninglBijlage C (Seia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend. PP hoog V2.Emod 10000, schoor 10.esa

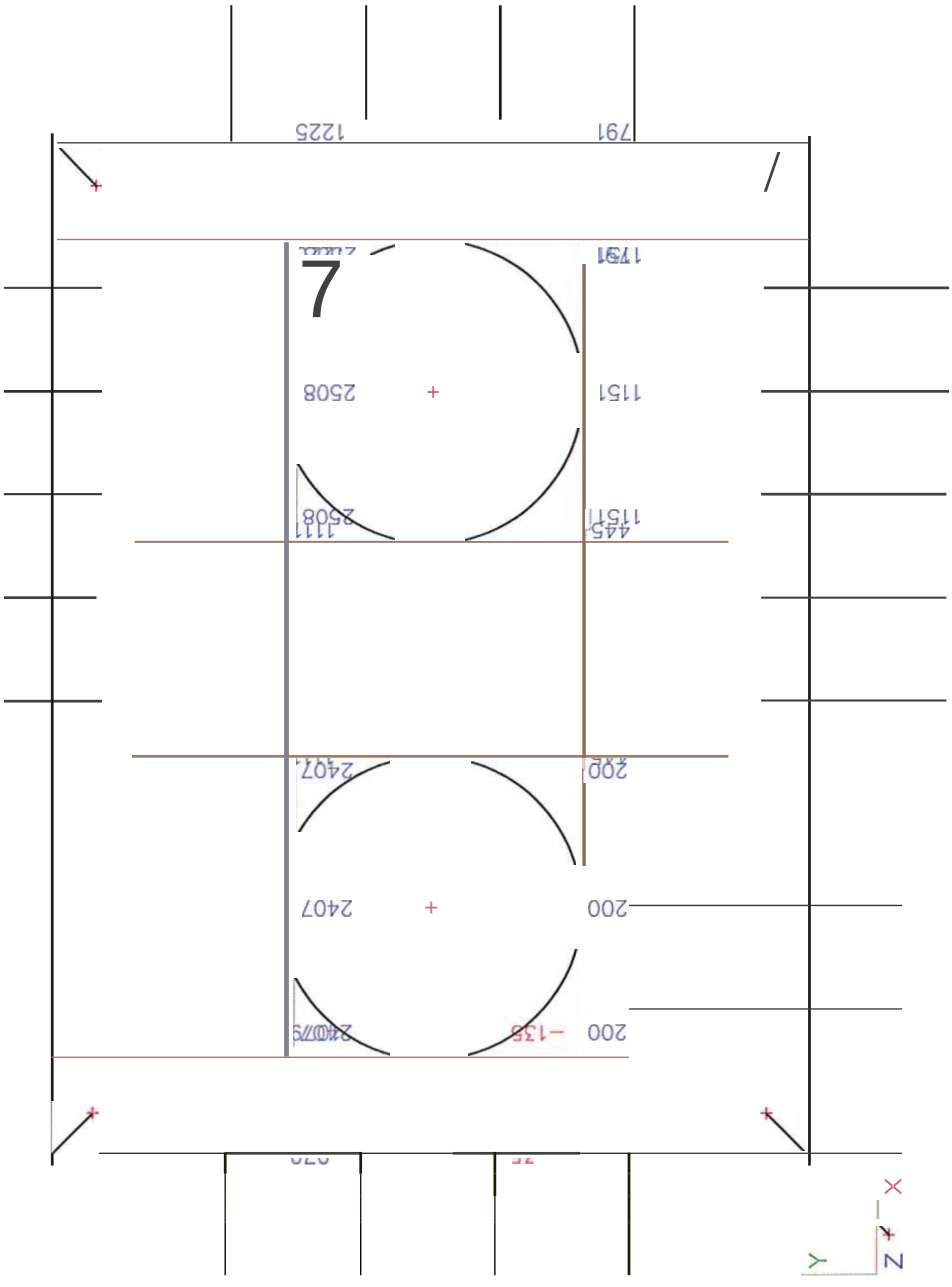
C-20

19.1.3. **Myd- BGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWIEI241 001 OIFunderingenlNieul'l na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

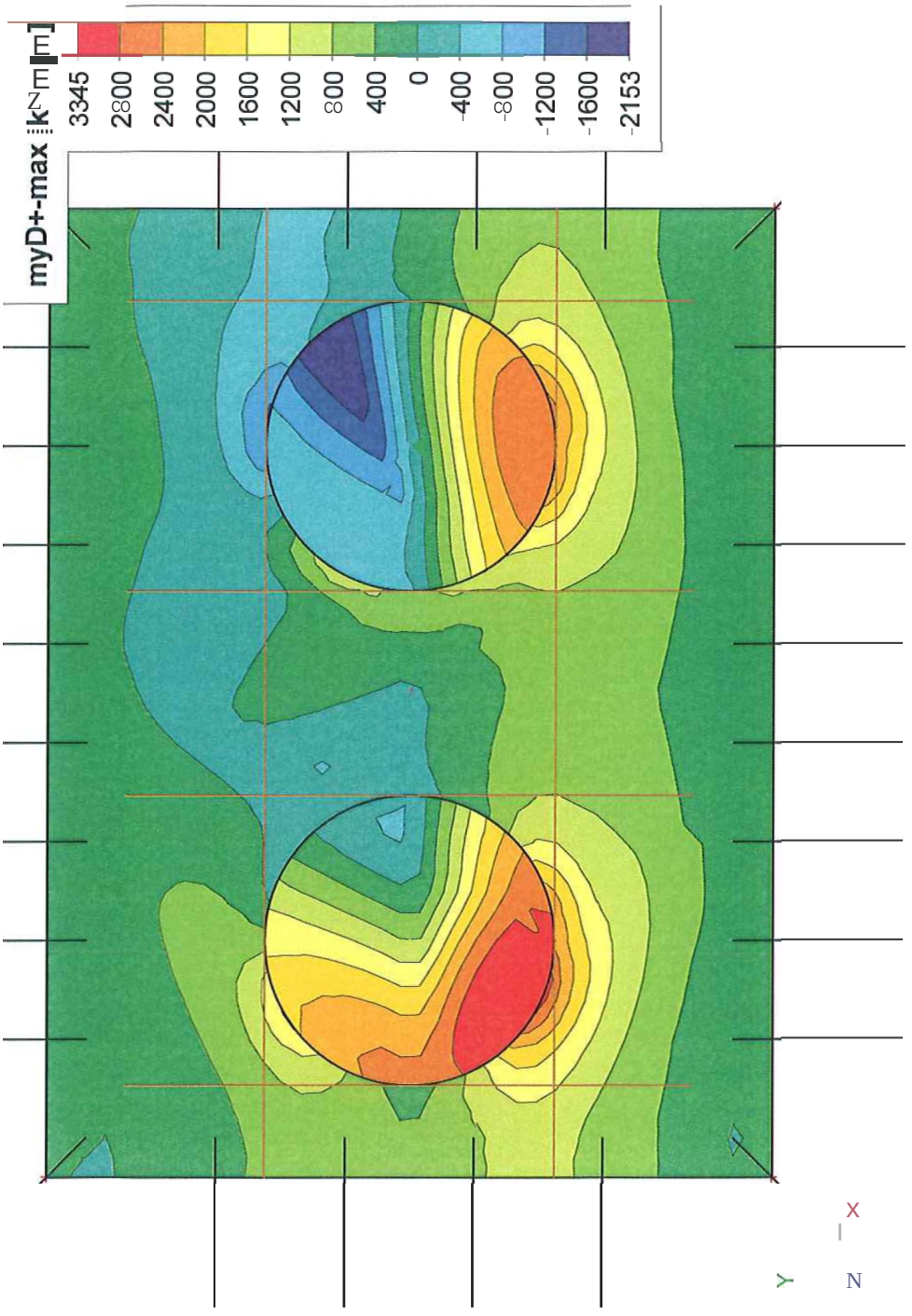
19.1.4. **Myd- BGT**



C-11

19.2. **Bovenwapening**

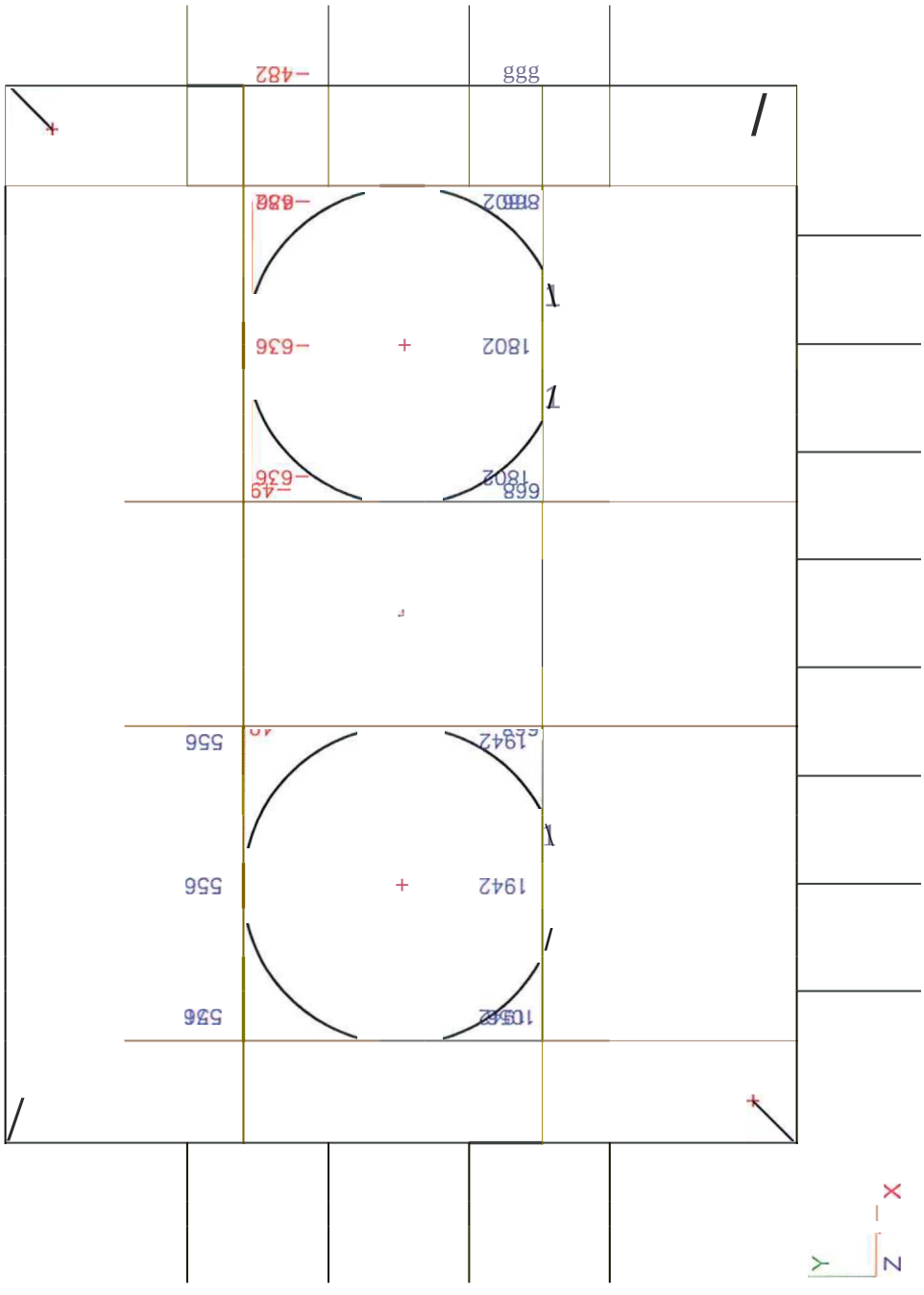
19.2.1. **Myd+ UGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLE\241 001 OIFunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog *V2,Emod* 10000, schoor 10.e5a

C-23

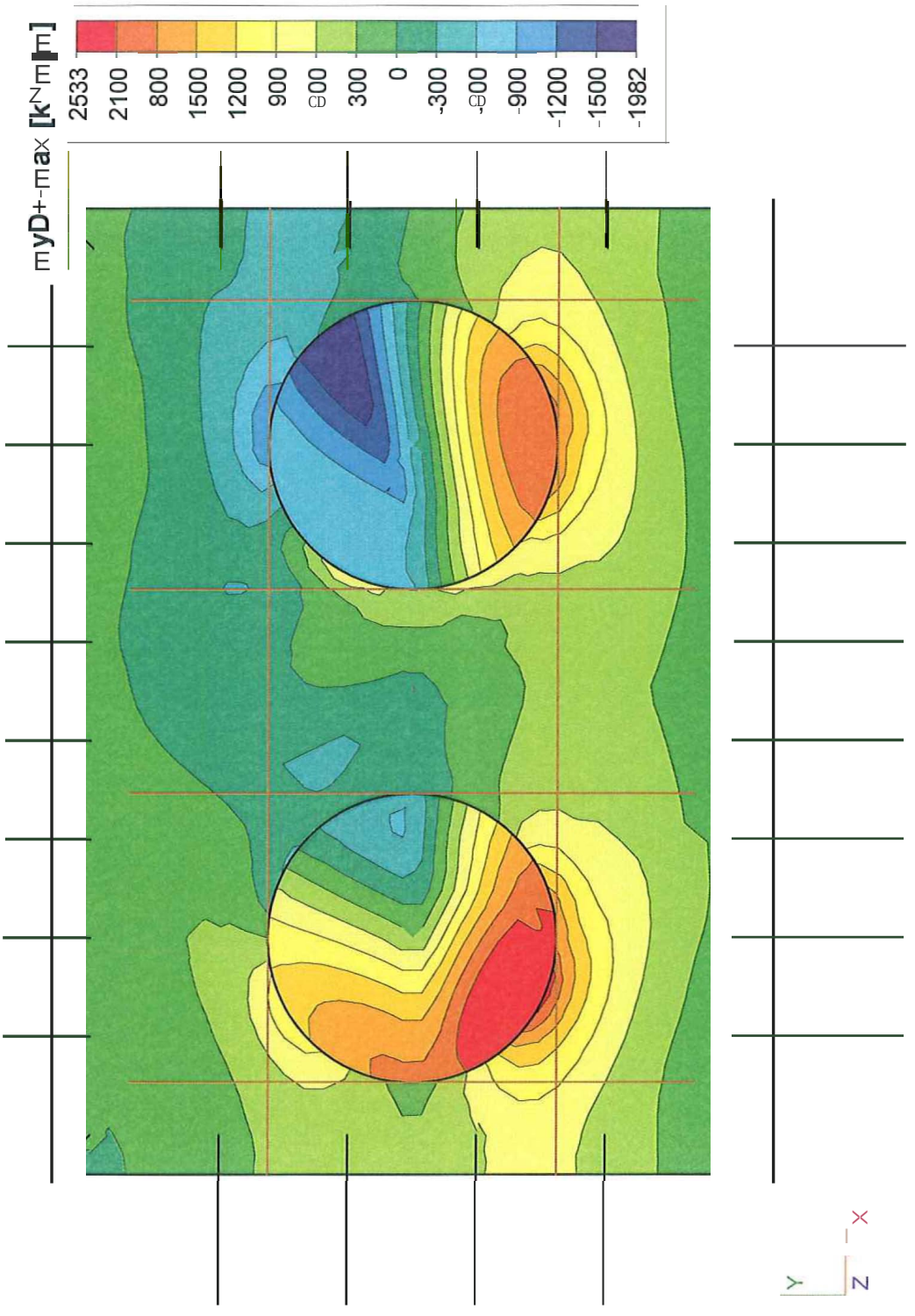
19.2.2. **Myd+ UGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI2410010IFunderingenINieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeningIBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineeir gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-24

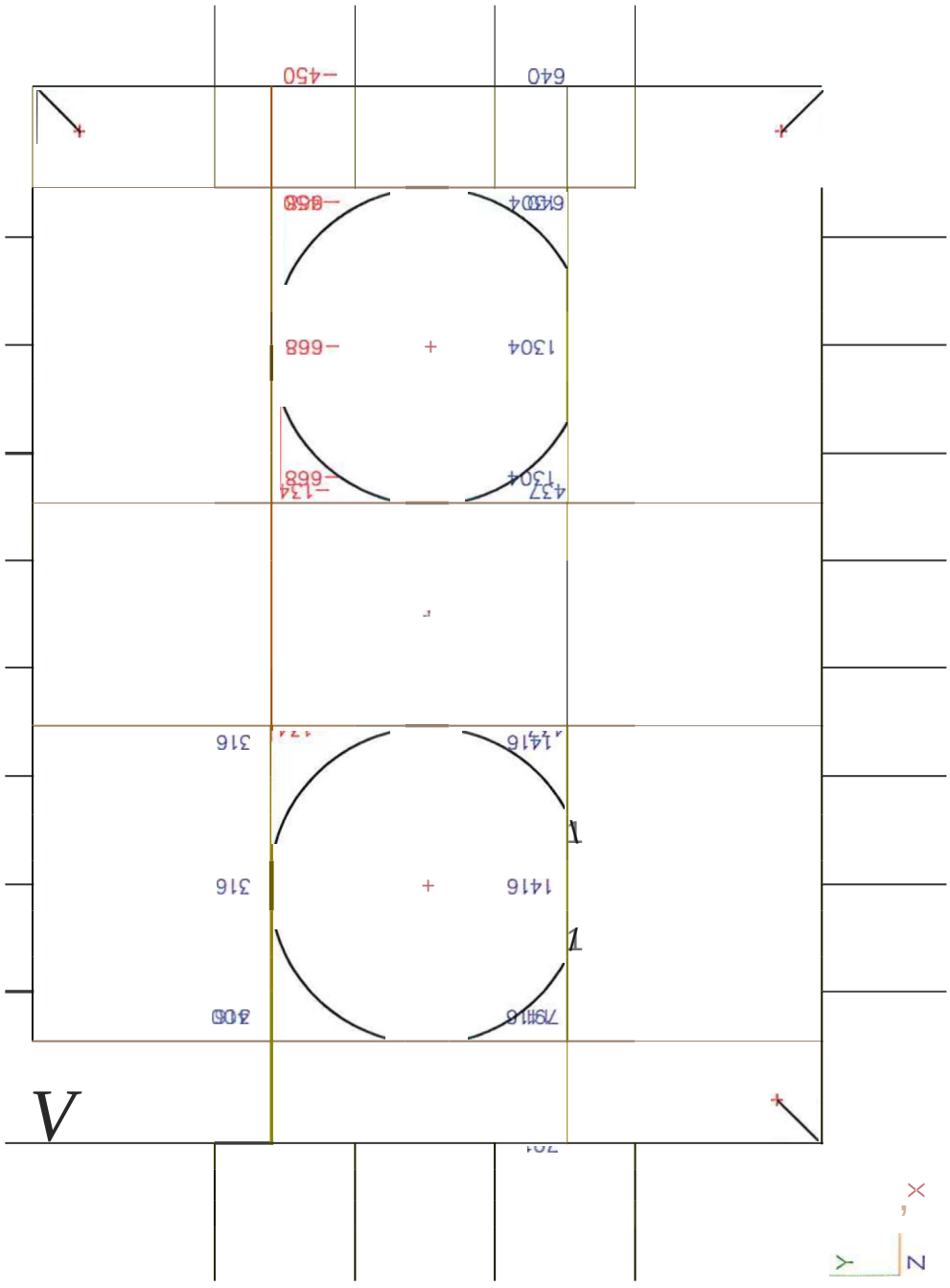
19.2.3. Myd+ BGT



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI2410010IFunderingenINieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeningIBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-25

19.2.4. **Myd+ BGT**

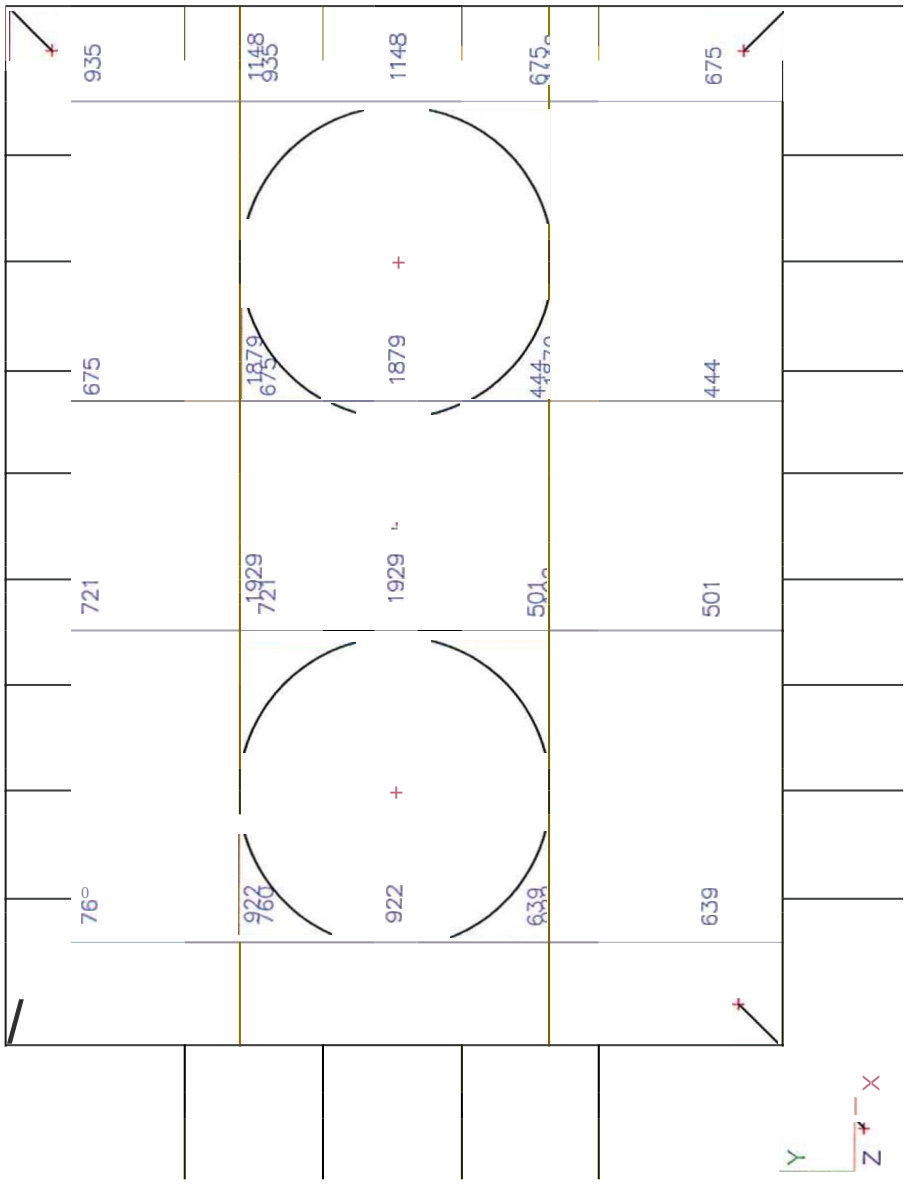


S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI2410010IFunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-26

20. Dwarskracht

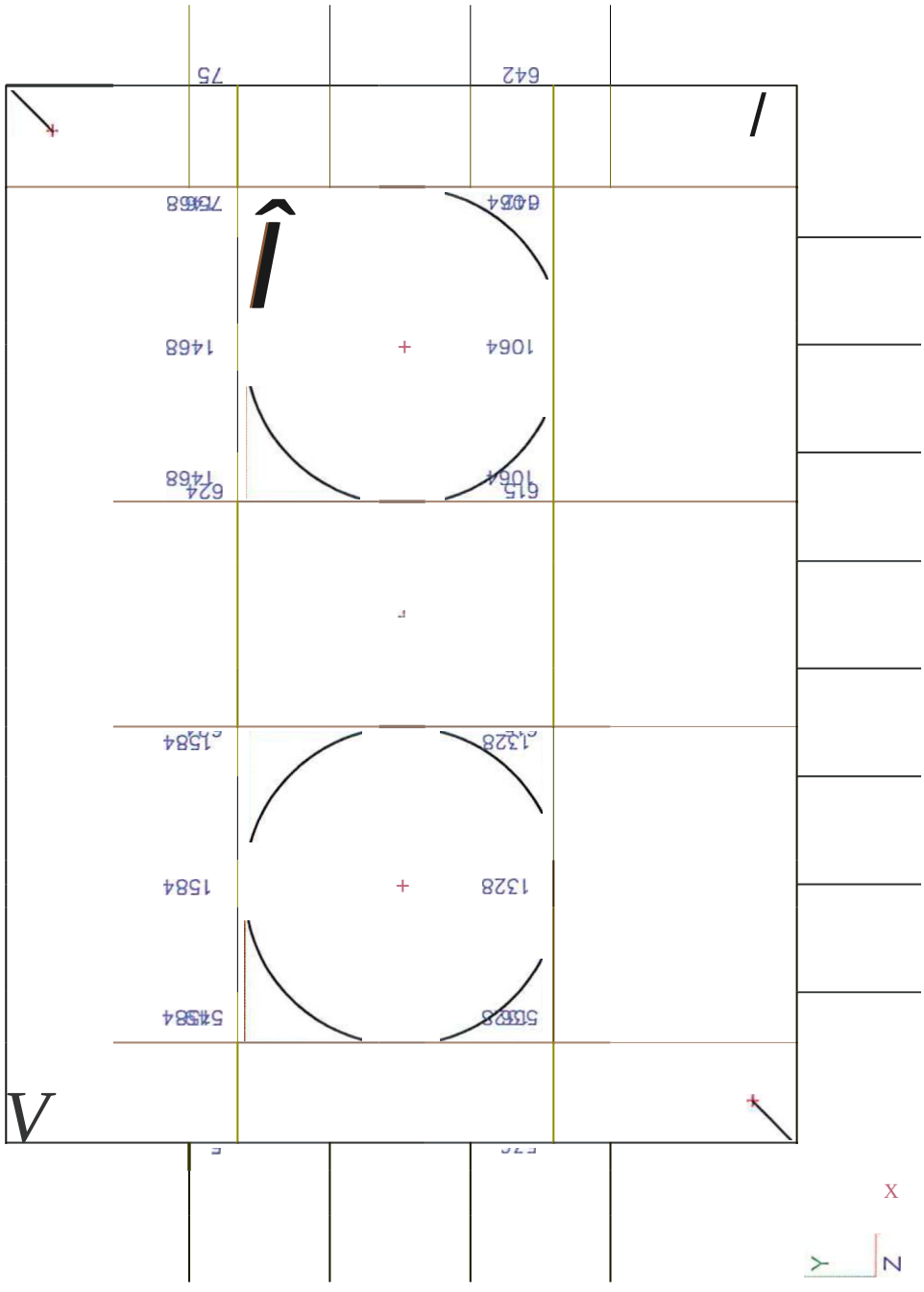
20.1. q·maxb



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjecleniGWLEI241 001 OIFunderingenlNieul'l na 1 mei (C&G)lVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaalmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2.Emod 10000, schoor 10.esa

C-27

20.2. q-maxb

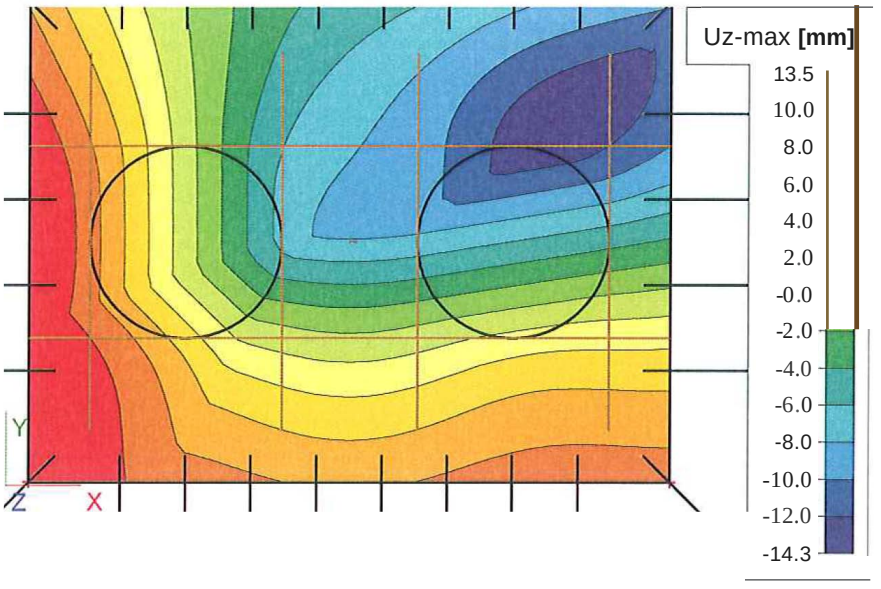


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\VoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaalmodel poer)\ Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

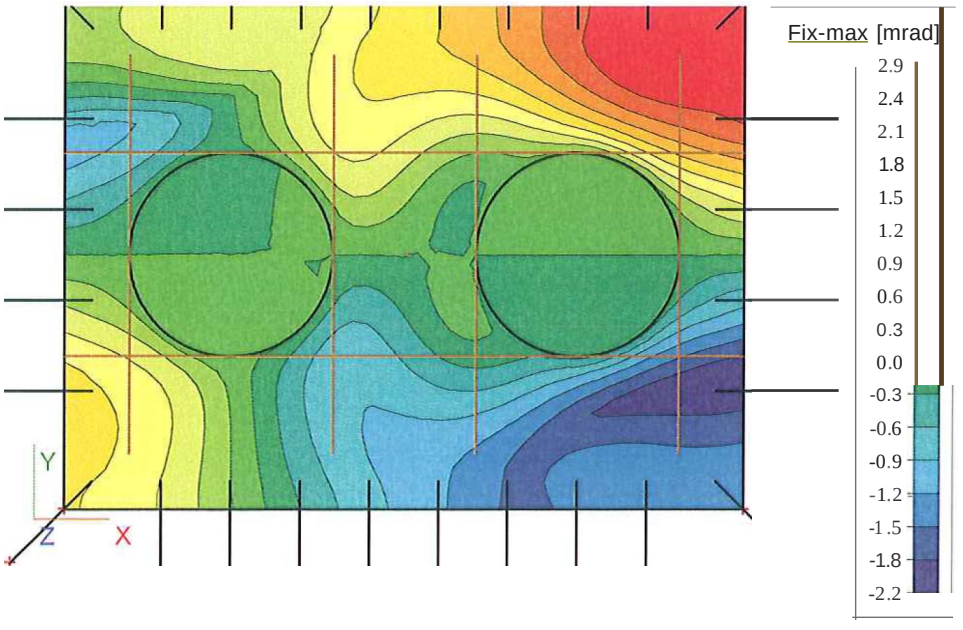
C-28

21. Rotatie en verplaatsing

21.1. Uz **BGT**



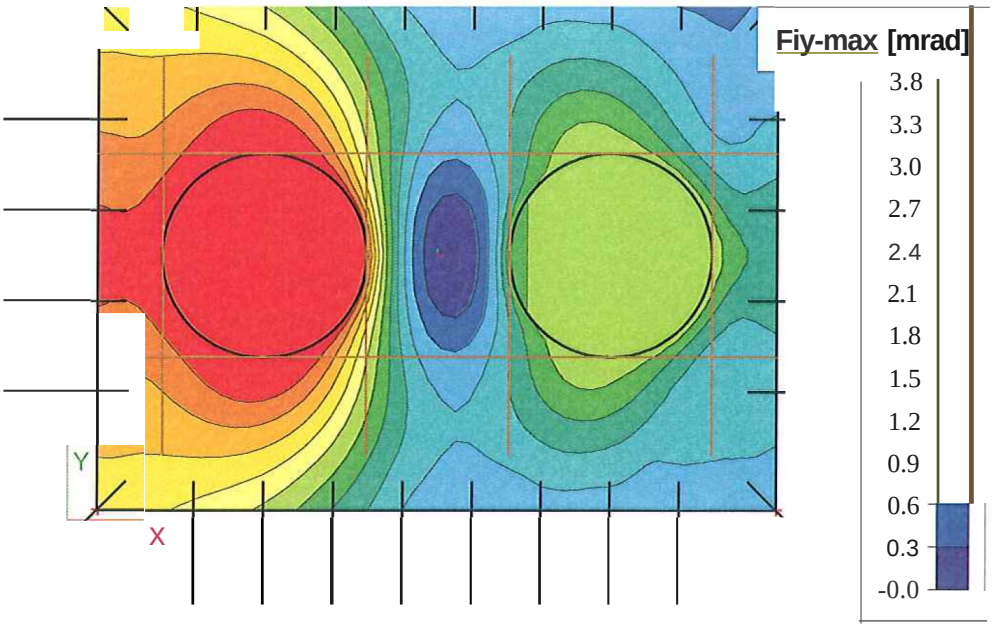
21.2. Phi x **BGT**



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLEI241 001 O\FunderingenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeninglBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend. PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-29

21.3. Phi Y BGT



S:IHIIBREIJNISIVUGIProjectenIGWLE\241 001 OIFunderîngenlNieuw na 1 mei (C&G)IVoorbeeldberekeningIBijlage C (Scia plaatmodel poer)1 Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-36

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					3	Controle invoer van Poertype R lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa	S:\H\BREIJN\SIV na mei (C&G plaatmOde, poel.

2, Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/mm']	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uilz. [mtmK]	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 1 F [m,MN]	u 1 F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	*-1,0000e+001-5,2800e+02* 1,0000e+00/1 ,3200e+02	*-1,0000e+001-5,2800e+02* *1,0000e+00/1* 3200e+02	Vrij

4. Lastgroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

5. Befastingsgevallen

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 V-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-V-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

breijn	Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 *kV*
	Onderdeel	Funderingstype R38.5
	Omschrijving	Controle reactiekrachten
	Nationale norm	EC - EN
	Auteur	L.Bouvy

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 [mi	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 IIit 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	Opslart 1	Poer	C4S/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z (mm). O. (mm). Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	X43 X40 As	Cirkel door cenlrum en straal
Naam, 20-elemenl, Materiaal, Dikte type	**Opstart 2**	**Poer**	**C4S/55**	**konslanl**		
2Q·element systeemvlak op. Exc. z (mm]. D. (mm), Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	X4. X42 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

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

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
KI00	-1900,000	4520,000	-25000,000
KI01	14100,000	4520,000	0,000
KI02	16600,000	4520,000	-25000,000
KI03	600,000	6480,000	0,000
KI04	-1900,000	6480,000	-25000,000
KI05	16600,000	6480,000	-25000,000
KI06	14100,000	6480,000	0,000
KI07	600,000	8440,000	0,000
K108	-1900,000	8440,000	-25000,000
KI09	16600,000	8440,000	-25000,000
KI10	14100,000	8440,000	0,000

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stift Z [MNlm)	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

C-34

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.S
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

Naam Knoop	Systeem	TY'le Hoek [deg]	X	y	Z Stift Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn1S K9S	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22 K92	GCS	Standaard ,RyS.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-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K74	GCS	Standaard RX-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3 K7S	GCS	Standaard Rx-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K76	GCS	Standaard Rx-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K77	GCS	Standaard Rx-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K78	GCS	Standaard Rx-S.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 RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29 K8S	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30 K84	GCS	Standaard RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31 K83	GCS	Standaard RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32 K82	GCS	Standaard RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33 K81	GCS	Standaard RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34 K88	GCS	Standaard RxS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3S K80	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36 K100	GCS	Standaard ,RyS.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 ,RYS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 K105	GCS	Standaard ,Ry-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 K108	GCS	Standaard ,RyS.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41 K109	GCS	Standaard ,RY-S.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

C-35

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingslype 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-V-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 V-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-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/m']	-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/m']	-4031		
Coeff1 [d, q2 [kN/m²]		o	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m']	-4031		
Coeff1 [ol, q2 [kN/m²]		o	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF12	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m']	-4031		
Coeff1 [-l. q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF13	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-I, q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF14	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-I, q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV	
Onderdeel	Funderingstype R38.5	
Omschrijving	Controle reactiekrachten	
Nationale norm	EC - EN	
Auteur	L.Bouvy	

Naam, Belastingsgeval	FF15	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m'I	-2850		
Coeft1 [-I, q2 [kN/m']		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF16	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, *Verdeling*	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m']	-2850		
Coeff1 [ol, q2 [kN/m'I		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/m'I, Coeft	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeft	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeft	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeft	-29	
Naam	SF5	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeff	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeft	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m'I, Coeft	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde (kN/m'I, Coeft	52	
Naam	SF17	

C-37

20-element, Belaslingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m']*, Coeft	S2	
Naam	SF18	
20-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m']*, Coeft	-S2	
Naam	SF19	
20·element, Belaslingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m']*, Coeft	-S2	
Naam	SF20	
20·element, Belaslingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m']*, Coeft	37	
Naam	SF21	
20·element, Belaslingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde *[kN/m']*, Coeff	37	
Naam	SF22	
20·element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m']*, Coeft	37	
Naam	SF23	
20-element, Belaslingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-V-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde *[kN/m']*, Coeft	37	
Naam	SF28	
20-element, Belastingsgeval		BGS - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde *[kN/m']*, Coeft	-SO	
Naam	SF29	
20-element, Belastingsgeval		BGS - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde *[kN/m']*, Coeft	-SO	

16. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

Aantal 20 elementen	1943
Aantal 10 elementen	784
Aantal netknopen	2724
Aantal vergeli'kingen	16344
Belastinggevallen	BG1

C-3d

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

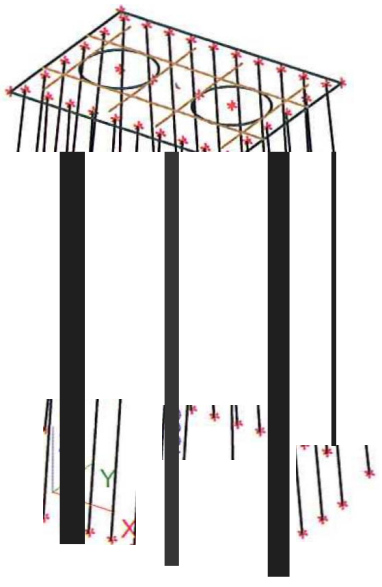
Calc protokol	
Aantal 20 elementen	1943
Aantal 10 elementen	784
Aantal ne!knopen	2724
Aantal veroeliikingen	16344
	BG2
	BG3
	BG4
	BG6
	BG7
	BG8
	BG5
Buigtheorie	Kirchhoff
Start berekening	16.08.2012 12:52
Einde berekening	16.08.2012 12:52

Som van lasten en reacties,

	IkNl	X	Y	Z
BG BG1	last	0.0	0.0	-4907.8
	knoopreacties	-0.0	-0.0	4907.8
	lijnreactions	OO	0.0	0.0
	contact 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	0.0	0.0	0.0
BG BG2	last	0.0	0.0	-3350.1
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3350.1
	lijnreaclions	0.0	0.0	0.0
	contact 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	0.0	0.0	0.0
BG BG3	last	0.0	0.0	-3744.2
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3744.2
	lijnreaclions	0.0	0.0	0.0
	contact 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	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 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	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 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	0.0	0.0	0.0
BG BG7	last	0.0	-1573.8	0.0
	knoopreaclies	-0.0	-1079.2	-0.0
	lijnreactions	0.0	2653.0	0.0
	contact 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	0.0	0.0	0.0
BG BG8	last	1112.9	1112.9	-0.1
	knoopreaclies	-534.8	-824.5	0.1
	lijnreactions	-578.1	·288.4	0.0
	contact 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	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 10	0.0	0.0	0.0
	contact 20	0.0	0.0	0.0

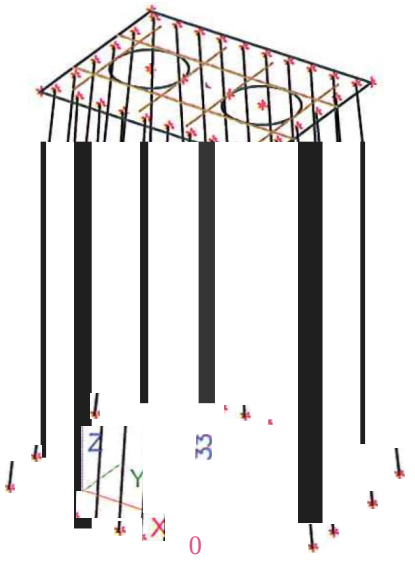
17. Controle invoer

18. BG1 (eigengewicht)



$F_v = [11.14{,}7 \cdot 0{,}9 + \frac{2}{4}\pi 4{,}4^2 \cdot 1{,}7] \cdot 25$ 4930 kN

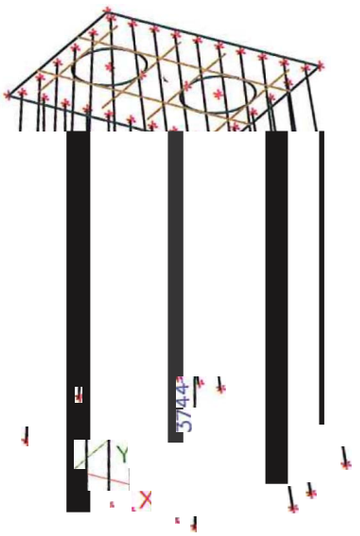
19. BG2: GWS laag



3348 kN + 7% marge 3.7.2

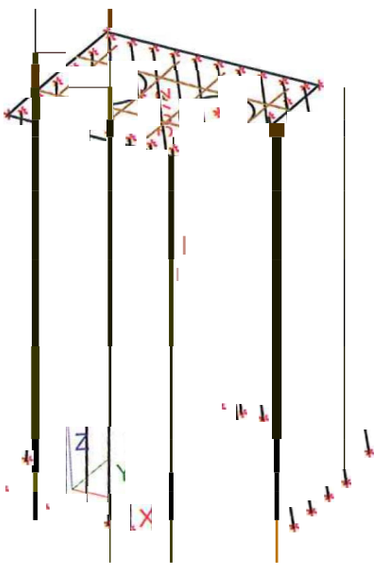
20. BG3; **GWS** hoog

$F_v = 3742$ kN zie paragraaf 3.2.2

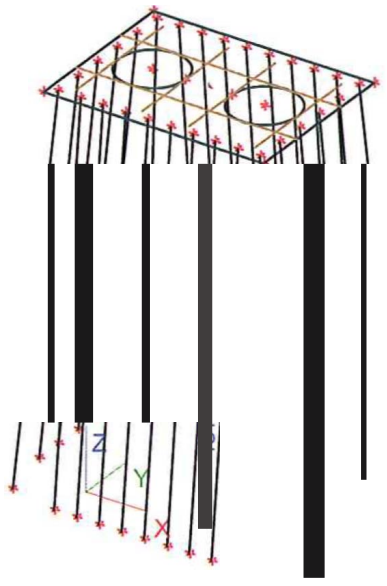


21. **BG4: Grondwater**

$F_v = -3072$ kN → zie paragraaf 3.2.3

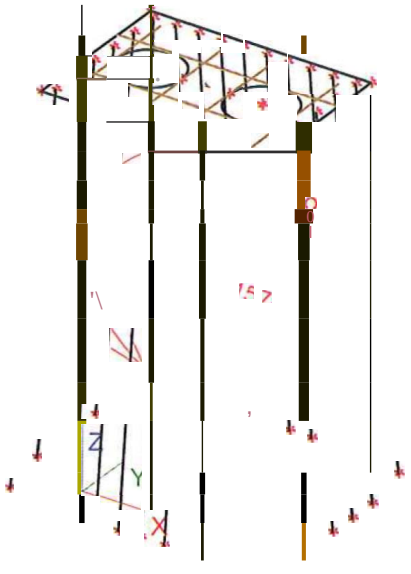


22. BG5: EG mast



$F_V = 2.757 \quad 1514\ kN$ ✓

23. BG6: Mast X-richting

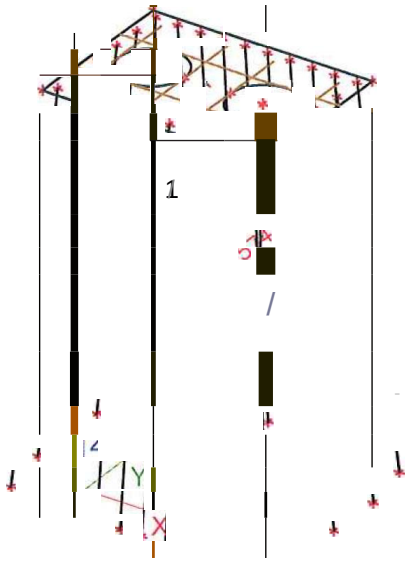


$F_H = 2.789 = 1578\ kN$ ✓

$M = 2.337 \cdot 9 + 1578 \cdot 17{,}5 = 87143\ kNm$ ✓

$l_{mast}/2$

24. BG7: Mast Y-richting



$F_H = 2.789 = 1578\ kN$

$M = 2.3370g + 1578.17,5 = 87145\ kNm$

25. BG8: Mast X-V-richting

$F_H = \sqrt{2.1113^2}$ 1574 kN

$F_H = 2.789 - 1578\ kN$

$\sqrt{2.6049^2} = 8555\ kN/m$

Bijlage D: Berekening wapening plaat

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 241001 O-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N poer
Onderdeel: Strook 1&3, 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	100/37	1
Betonstaalsoorl	B500B	
Milieuklasse	Ixc4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

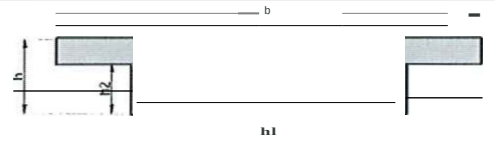
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	751	936	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	12	0	mm
Ondertinge 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. Buiglekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	3142	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N/A_b	0,00	N/mm'	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
M/W.	0,00	N/mm'	σt <= fct	O.K.
M/W.	0,00	N/mm'		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm'	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{o;o}$	0,00	N/mm'		

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/mm'
N.	875	0	492	0	kN

N'.	1367	kN
y	35	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
Ep	-0,35%	
op	1452	N/mm'
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm'
Δ Np	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

UITVOER

MIN & MAX .. WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1098	mm'	O.K.	As;min 1	1098 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	437	mm'		As;min 2	3358 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	3142	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,407 mOl O.K

Wkmax' Kx 0,50 mm
Wkmax 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/mm'
N.	655	0	350	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,070%	-0,179%
o'c	7,96	-20,45

x	252	mm
Sr;max	319	mm
K2	0,5	BUiging
KI	0,8	
(ESm-Ecm)	0,00128	
os	326	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,01827	N/mm²
oe	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Q-\

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 241 0010-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	100137 1... 1	
Betonstaalsoort	185006	
Milieuklasse	Xc4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

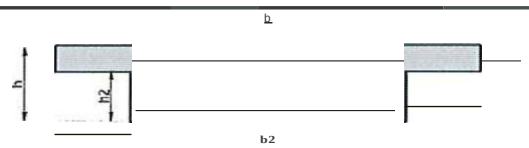
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

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.	1,35E+08	mm3
W.	1,35E+08	mm3
A_{stot}	9817	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N/A_b	0,00	N/mm'	σc ≤ 0,6 fck	:
M/W.	0,00	N/mm'	σt <= fel"	!Q
M/W.	0,00	N/mm'		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm'	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde 0.:	0,00	N/mm'		

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%	
0.	435	-435	435	-435	N/mm'
N.	2135	0	2135	0	kN

N'.	4271	kN
y	111	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
op	1452	N/mm'
Δop	1452	N/mm'
ΔNp	0	kN
ΣM =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.t) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	285	mm	ecu3	0,0035 1%
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'	O.K.	As;min 1	1158 mm'
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	652	mm'	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

x	377	mm
Sr;max	246	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(Esm'Ecm)	0,00164	
os	356	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.elf	0,05628	N/mm'
ae	6,09	
Es	200000	
Kx=(dcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
ΣM =	0	
ΣN =	0	

Scheurwijdte (wk) 0,403 mm O.K.

Wkmax' Kx 0,50 mm
Wkmax 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,178%	-0,16%	0,16%	-0,16%	
0.	356	-313	330	-313	N/mm'
N.	1748	0	1618	0	kN

	Boven	Onder
Eo	0,156%	-0,217%
σ'c	17,87	-24,84

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

INVR W0

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	0 0/37	
Betonstaalsoort	BSOOB	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
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

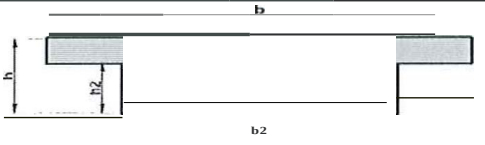
KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	279	418	kNm

Q

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	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. Buiglrekwapening 50 mm Lang.wapening 50 mm

W.	1,35E+08	mm3
Wo	1,35E+08	mm3
A_{stot}	2011	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (arl.5.10.2.2)

N/A_b	0.00	N/mm^2	σc ≤ 0,6 fck		O.K
M/W_o	0,00	N/mm^2	σt <= f_ctm		O.K
M/W.	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde	0,00	N/mm^2			

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	435	-435	435	-435	N/mm'
N.	875	0	0	0	kN

N'.	875	kN
y	23	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σp	1452	N/mm'
Δ σp	1452	N/mm^2
Δ N_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K

Hoogte betondruk2one Xu	58	mm	ecu3 0,0035
Maximale betondrukzone Xumax	433	mm	d 810 mm

UITVR W0

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1127	mm^2	O.K.	As;min 1	1127 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	357	mm'	Q.	As;min 2	1508 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	2011	mm'			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Belon. taal

Scheurvlijdte (wk) 0,266 mm O.K.

Wk max· Kx 0,50 mm
Wkmax 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,094%	-0,03%	0,09%	-0,03%	
σ	187	-64	190	-64	N/mm'
N.	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	IBUiging
Kl	0,8	
(εsm-εcm)	0,00056	
os	187	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.elf	0,00894	N/mm^2
oe	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R-poer
Onderdeel: Strook 2, 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	OO/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse		
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	6,06E+10	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

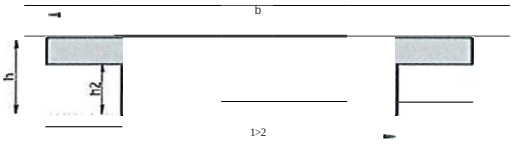
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1385	1627	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	20	0	20	0	mm	W_b	1,35E+06 mm3
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm	W_o	1,35E+06 mm3
Afstand tot bovenzijde (ds)	815	0	780	0	mm	A_{stot}	6283 mm2
Betonstaaloppervlak	3142	0	3142	0	mm2/m		

Dekking O.K. Buigwapening 50 mm Langswapening 50 mm

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.tO.2.2)

N / Ab	0,00	N/mm²	!oc ≤ 0.6 fck	O.K.
M / Wo	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.
M / W_b	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde 0bb	0.00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde 0b:o	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd ≥ Med

Bezwijkmoment Mu 1966 kNm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,22%	-0,35%	1,15%	-0,35%	
os	435	-435	435	-435	N/mm2
N.	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%	
op	1452	N/mm²
Δ op	1452	N/mm²
Δ Np	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) OK

				ecu3	0,0035 1%
Hoogte betondrukzone Xu	162	mm		d	798 mm
Maximale betondrukzone Xumax	426	mm			

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1146	mm²	O.K.	As;min 1	1146 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	559	mm²	O.K.	As:min 2	7164 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As:max	36000	mm²	O.K		
A_{stot}	6263	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee.. alleen Beionslaai . 1

x	323	mm	
Sr;max	274	mm	
K2	0,5	1	Buiging
Kt	0.8		
(csm-ccm)	0,00144		
os	331		
kt			
pp.eff			
oe			
Es			
Kx=(c1cmin)			
ξ1			
Σ M =			
Σ N =			

Scheurwijdte (wk) 0.395 mm

Wkmax· Kx 0,50 Olm
Wkmax 0,30 Olm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,166%	-0,11%	0.15%	-0,11%	
o.	331	-217	307	-217	N/mm2
N_s	1040	0	966	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0.109%	-0,194%
σ'c	12,42	-22,16

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

b -

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	100137	
Betonstaalsoort	85008	
Milieuklasse	Xc4	
Hoogte h	900	Olm
Breedte b	1000	Olm
Hoogte h2	0	Olm
Breedte b2	1000	Olm
Oppervlak Ac	900000	Olm'
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	Olm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	Olm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

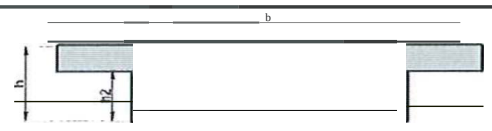
Bijzondere of Fundamentele combinatie (BIF) F
Kan beton trek opnemen (JIN) N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	IkN
M (+ = trek onder)	0	1225	1513	IkNm

VOORSPANNING

Voorspanstaat	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	Olm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	Olm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	20	0	Imm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	Imm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	812	0	Imm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2Jm

Dekkina O.K. Buigtrekwapening 50 Imm Langswapening 50 Imm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
MIW.	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		
MIW_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde σb.b	0,00	N/mm²	!Spannen na	28	!dagen
Spanning onderzijde σb.	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1716 kNOl 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	Nlmm'
N.	875	0	1367	0	kN

N'b	2241	IkN
y	58	Imm
Epw	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
Ep	-0,35%	
σ_p	1452	!Nlmm'
$\Delta\sigma_p$	1452	!Nlmm'
Δ Np	0	!kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogle betondrukzone Xu	149	mm	ecu3	0,0035	!%
Maximale betondrukzone Xumax	440	mm	d	824	Imm

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1108	Olm'	Q	As;min 1	1108	mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	529	Olm'	K	As;min 2	5625	mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	Olm'	O.K.			
A_{stot}	5152	Olm'				

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal 1

Scheurwijdte (wk) 0,394 Olm O.K

Wkmax' Kx 0,50 Olm
Wkmax 0,30 Olm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
E.	0,170%	-0,10%	0,16%	-0,10%	
σ_s	341	-194	322	-194	N/mm²
N.	685	0	1011	0	kN

	Boven	Onder
E,	0,097%	-0,189%
o'c	11,10	-21,58

x	306	mm
Sr;max	271	Olm
K2	0,5	IBUiging
KI	0,8	
(Esm-Ecm)	0,00145	
σs	341	
kt	0,4	Langeduur betasting
pp.eff	0,02701	'NIOlOl'
oe	6,09	
Es	200000	
Kx=(cJcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 241 0010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 5& 7, 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	00/37	
Betonstaalsoort	185006	
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	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

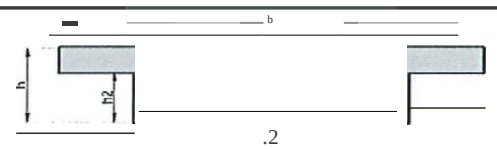
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	2508	3107	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



.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	mm2Jm

Dekkino O.K. Buiglrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

Wb	1,35E+08	mm3
Wo	1,35E+08	mm3
Astot	11184	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / Ab	0.00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M/Wo	0.00	N/mm²	σt <= ',tm		O.K.
M/Wb	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde 0b.b	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde 0b;o	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 3368 kNm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
εs	0,56%	0,56%	0,52%	-0,35%	
o.	435	435	435	-435	N/mm²
N.	1367	0	3498	0	kN

N'b	4865	kN
y	126	mm
Epw	0,00%	
Δεpw	-0,35%	
εp	-0,35%	
op	1452	N/mm²
Δ op	1452	N/mm²
Δ Np	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

ecu3	0,0035	%	
Hoogte betondrukzone Xu	324	mm	d 818 mm
Maximale betondrukzone Xumax	438	mm	

UITVER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1115	mm²	O.K.	As;min 1	1115	mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	698	mm²	O.K.	As:min 2	12682	mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	0			
Astot	11184	mm²				

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3A)

Constructie met voorspanning Nee alleen Belonslaat

Scheurwijdte (wk) 0,353 mm O.K.

Wkmax' Kx 0,50 mm
Wkmax 0.30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
E.	0,172%	0,17%	0,16%	-0,16%	
σs	345	345	321	-318	N/mm²
N.	1083	0	2581	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,159%	-0,196%
o'c	18,18	-22,40

x	403	mm
Sr;max	220	mm
K2	0,5	Buiging
Kl	0,8	
(εsm-εcm)	0,00160	
os	345	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,06753	N/mm²
oe	6,09	
Es	200000	
Kx={clcmin)	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 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	100/37	
Betonstaalsoort	85006	
Milieuklasse	XC.	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
Zwaartelijn lov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal · 1

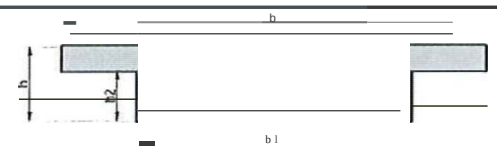
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1111	1386	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	800	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2fm

Dekking O.K. Buiglrekwapening 50 mm langswapening 50 mm

W.	1,35E+08	mm3
W.	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
MIW.	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.K.
MIW.	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde	0.00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Mcd

Bezwijkmoment Mu 1699 kNm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,62%	-0,35%	1,52%	-0,35%	
	435	-435	435	-435	N/mm'
N.	875	0	1367	0	kN

N'.	2241	kN
y	58	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm'
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
ΣM =	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

UITVOER

MIN & MAX · WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) · (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1118	mm²	O.K	As;min 1	1118	01m2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	526	mm²	O.K.	As:min2	5174	mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm'	O.K.			
A_{stot}	5152	mm'				

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen 8etonstaal

Scheurwijdie (wk) 0.364 mm O,K

Wk max - Kx 0,50 mm
Wkmax 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'
N.	636	0	916	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,089%	-0,175%
σ'c	10,21	-20,02

x	304	mm
Sr;max	275	mm
K2	0,5	IBUiging
KI	0,8	
«sm·(cm)	0,00132	
crs	316	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,02593	N/mm²
oe	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
ΣM =	0	
ΣN =	0	

D-7

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 241 0010-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	0 0/37	
Betonstaalsoort	8S008	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6.08E+10	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

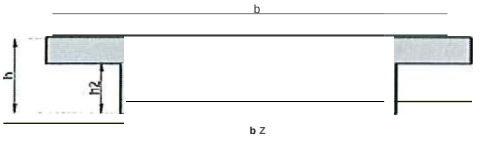
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	/DESIGNI	
N (+=druk)	0	0	0	IkN
M (+ = trek onder)	0	791	1056	IkNm

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	12	0	16	0	Imm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	Imm
Afstand tot bovenzijde (ds)	844	0	804	0	Imm
Betonstaaloppervlak	1131	0	2011	0	mm2Im

Dekking O.K. Buiglrekwapening 50 Imm Langswapening 50 Imm

W_b	1,35E+08	mm3
$W_.$	1,35E+08	mm3
A_{stot}	3142	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fek		O.K.
$M / W_.$	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 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'
N.	492	0	875	0	kN

N'b	1367	ikN
y	35	Imm
ε_{pw}	0.00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	!Nlmm²
$\Delta\sigma_p$	1452	!N/mm²
Δ Np	0	!kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	91	mm	eeu3	0,0035	1%
Maximale betondrukzone Xumax	438	mm	d	818	Imm

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1116	ol/n²	O.K.	As;min 1	1116	jmm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	433	mm'	O.K.	As;min 2	3873	mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.			
A_{stot}	3142	mm'				

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Belonstaal 1

Scheurwijdte (wk) 0,416 mm O.K.

Wkmax' Kx 0,50 mm
Wkmax 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/mm²
N.	404	0	671	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,075%	-0,196%
σ'c	8,60	-22,36

x	250	mm
Sr;max	302	mm
K2	0,5	IBUiging
Kl	0,8	
(εsm-εcm)	0.00138	
os	358	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.elf	0,01540	'N/mm²
oe	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	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 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 (nJ)+NB)

Sterkteberekening

INVRWO

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	100/37	
Betonstaalsoort	B500B	1
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm'
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6.06E+10	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

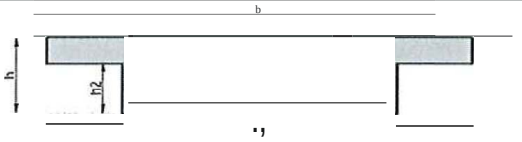
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen *(J/N)*	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1416	1942	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/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	25	0	mm
Onderlinge afsland	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	610	0	765.5	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	4909	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1.35E+06	mm3
W_t	1.35E+06	mm3
A_{stot}	6919	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N/A$_b$	0,00	N/mm'	σc ≤ 0,6 fck	O.K
M/W$_t$	0,00	N/mm²	σt <= f,tm	O.K.
M/W$_b$	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	26 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 2106 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'
N_S	675	0	2135	0	kN

N'$_b$	3010	kN
y	76	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm'
Δ_{Np}	0	kN
Σ 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	776 mm

TVRWO5

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1175	mm'	O.	As;min 1	1175 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	571	mm²	O.K	As;min 2	7690 mm²
Max. Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm'	O.K.		
A_{stot}	6919	mm'			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen 8elonstaal

Scheurwijdte (wk)	0,353	mm	O.K.
Wk max' Kx	0,50	mm	
Wkmax	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'
N.	656	0	1457	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,112%	-0,194%
σ'c	12,63	-22,20

x	330	mm
Sr;max	245	mm
K2	0,5	Buiging
Kl	0,6	
(Esm-Ecm)	0,00144	
os	327	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,03640	N/mm'
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 241001 O-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	100/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogle h2	0	mm
Breedle b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm'

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betoostaal

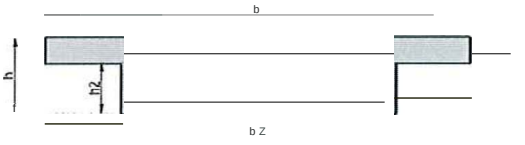
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen *(JIN)* N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	437	668	kNm

VOORSPANNING

Voorspanslaai	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanslaai	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	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	mm2lm

Dekking O.K. Buiglrekwapeningl 50 mm Langswapening 50 mm

Wb	1,35E+08	mm3	
Wo	1,35E+08	mm3	
A_{stot}	2262	mm2	

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 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/mm²
N.	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/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
Δ_{Np}	0	kN
Σ M =	0	

UITVOER

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

ecu3	0,0035	%		
Hoogle betondrukzone Xu	66	mm	d	793 mm
Maximale betondrukzone Xumax	424	mm		

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1152	mm²	O.K.	As;min 1	1152 mm2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	371	mm²	Q K	As;min 2	2491 mm²
Max. Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	2262	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonslaai

Scheurwijdte (wk) 0,305 mm O.K.

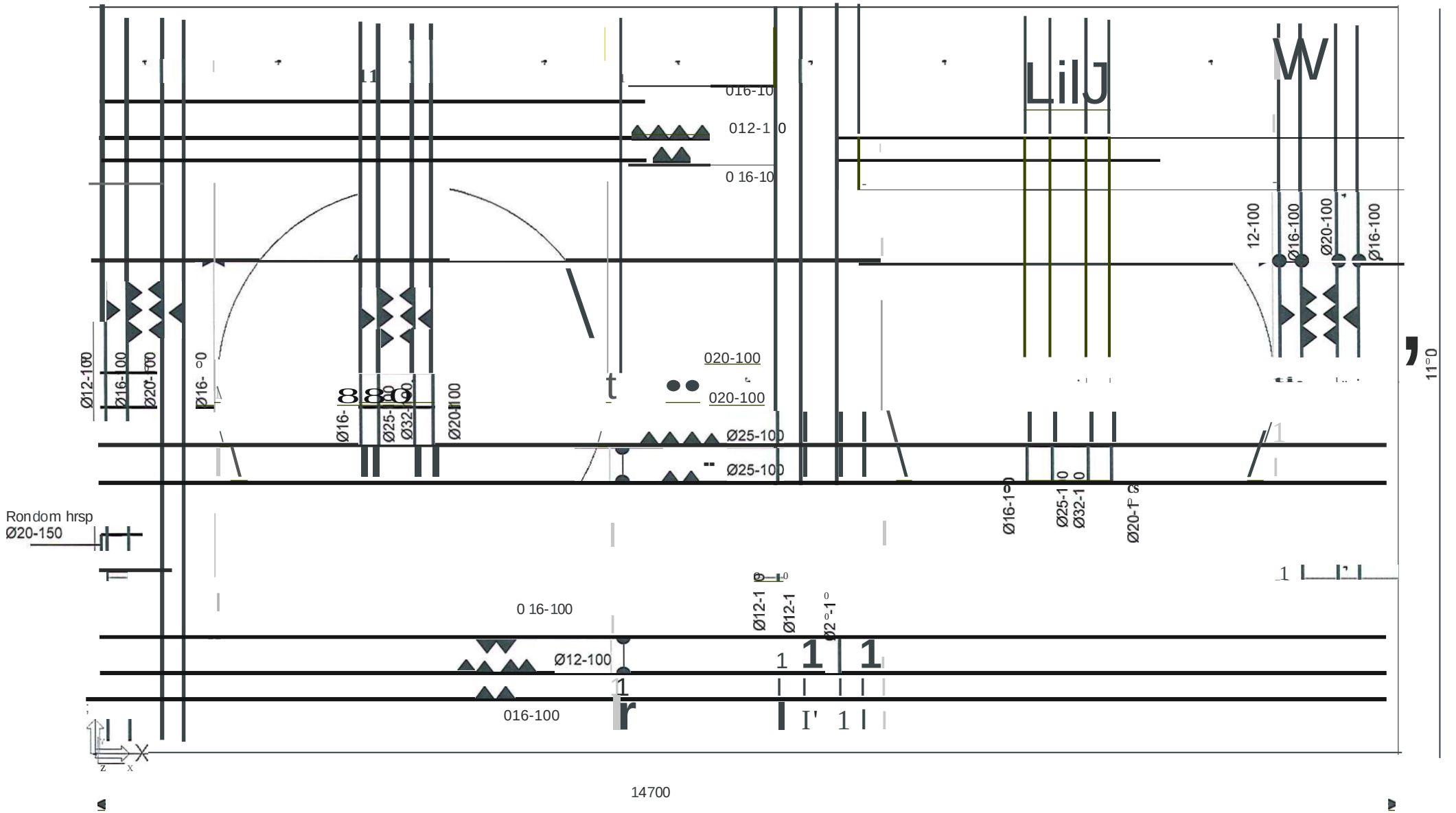
Wk max· Kx 0,50 mm
Wkmax 0,30 mm

	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/mm²
N.	312	0	293	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,049%	-0,158%
σ'c	5,65	-18,11

x	214	mm
Sr;max	368	mm
K2	0,5	Buiging
Kt	0,8	
(εsm-εcm)	0,00083	
σs	276	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,01028	N/mm²
ae	6,09	
Es	200000	
Kx=(clcmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

D-10



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' → bh C-27

Eigencapaciteit doorsnede

$$V_{rdc} = \left[C_{rdc} \cdot k \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}\right)^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d \qquad (6.2.a \text{ EN1992})$$

$C_{rdc} = 0{,}18/\gamma_c = 0{,}18/1{,}5 = 0{,}12$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{(900-50-2.25)}} = 1{,}5$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2}{1000 \cdot (900-50-2.25)} = 0{,}012 \leq 0{,}02 \Rightarrow \rho_1 = 0{,}012$$

$f_{ck} = 30$ N/mm² (C30/37)

k_1 en σ_{cp} N.V.T ⇒ geen voorspanning of normaalkracht aanwezig.

$b_w = 1000$ mm

$d = 900 - 50^{c} - 2.25^{\phi_h} = 800$ mm

$$V_{rdc} = \frac{0{,}12 \cdot 1{,}5 \left(100 \cdot 0{,}012 \cdot 30\right)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 800}{10^3} = 475 \text{ kN/m'} \quad \text{(dwarskracht onder buiging)}$$

$$V_{rdc} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{f_{ctd} + \alpha_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}} \qquad (6.4 \text{ EN1992})$$

$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 900^3 = 6{,}08 \cdot 10^{10}$ mm⁴

$b_w = 1000$ mm

$S = \frac{1}{2} h \cdot b \cdot \frac{1}{4} h = \frac{1}{8} b h^2 = \frac{1}{8} \cdot 1000 \cdot 900^2 = 1{,}01 \cdot 10^8$ mm³

$f_{ctd} = f_{ctk\,0{,}05}/\gamma_c = 2{,}0/1{,}5 = 1{,}33$ N/mm²

α_1 en σ_{cp} N.V.T ⇒ Geen normaalkracht

$$V_{rdc} = \frac{6{,}08 \cdot 10^{10} \cdot 1000}{1{,}01 \cdot 10^8} \cdot \sqrt{1{,}33^2} / 10^3 = 803 \text{ kN/m'} \quad \text{(Tensile shear)}$$

↳ Afwijking met sheet door afronding S en I.

Berekening benodigde dwarskrachtwapening zone 2

$V_d = 1929\ kN/m'$ $\quad V_{nds} = 475\ kN/m'$

$V_d > V_u \Rightarrow$ dwarskrachtwapening nodig

$$A_{sw} = \frac{V_{nds} \cdot s \cdot \tan(\theta)}{z \cdot f_{yd}} \qquad (6.8\ EN1992)$$

$$A_{sw} = \frac{1929 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot \tan(45)}{0{,}9 \cdot 800 \cdot 435} = 1232\ mm^2/m'$$

keure beugel $2 \times \varnothing 20 \Rightarrow A_s = \underset{\text{2 sth.}}{2} \cdot \underset{\text{2 snedigheid}}{2} \cdot \frac{1}{4}\pi 20^2 = 1257\ mm^2$

$$V_{nds} = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd}}{s \cdot \tan(\theta)} = \frac{1257 \cdot 0{,}9 \cdot 800 \cdot 435}{200 \cdot 1} = 1968\ kN/m'$$

$V_{nds} > V_d \Rightarrow$ Voldoet

brelJn
www.breijn.nl

Capaciteit beugels

datum	
gezien	
blad nr.	E-2

Breijn B.V.

Grootschalige Infra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 2
Datum: 16 augustus 2012

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1.0

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING: Dwarskracht

Discontinuiteit in doorsnede: Geen

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	100/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Hoogte: h	900	mm
Breedte: b1	1000	mm

Toegepaste dwarskrachtwapening

Beugels (1 beugel; 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 0	45	graden
St.max	600	mm	hoek θ	0.79	radialen

Nominale Breedte lijl : 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

KRACHTSVERDERLING: Bijzonder/Fundamenteel: fundamenteel 1.1

Rekenwaarde dwarskracht (VEe)	1929	kN
Normaalkracht (. is druk. + is treK)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

BUJGTREKWAPENING

Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm

As;buigtrek totaal: 9817 mm^2

Nuttige hoogte: 800 mm

LANGSWAPENING (wringwapeningl

Diameter langswapening 1e laag: 25 mm

Aantal staven: 4 st

As langs totaal: 1963 mm^2

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON(Lrt.S.2.2(111

$V_{Rd'C}$ (6.2aJ *Afschuifbuigbreuk*	479	kN	<<<MAATGEVEND	Vmin	0.35
$V_{Rd\cdot C}$ (6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN		CRd.c	0.12
$V_{Od,ℓ}$ (6,4] *Afschuiftrekbreuk*	811	kN		k	1.50
				r1	0.01227
				lek	30 !N!mm'
				k1	0,15
Toets *VRd.c>VE0 (6.1)*	*Voldoet* niet		==> Dl'larskrachtwapening nodig	scp	0.00 N/mm²
				α	1
				lyk	435
				Asw	1257
				s	200
				sina	1.00
				cota	0.00
				lcd	20
				fywd	435
				cot O	1.00
				z	720
				Dep	0.000
				ncw	1.000
Toets *VRd.s>VE0 [6.1)*	Voldoet			tan 0	1.00
				v1	0.528

CONTROLE

Dwarskrachtweerstand beton	$V_{RD.c} > V_{ED}$	479	>	1929	Voldoet niet	art.6.2.2
Minimum dwarskrachtwap.verhoudi	e 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. alstand 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 ,SU — Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

			Ab	900000	,mm²
			u	3800	!mm²
TRd.c [6.26J	324	KNm	tel.1	236.8	!mm
			Ak	506094	,mm'
Toets TRd.c>TED	*Voldoet*	min. Wap. volgens 9.2.1.1 toepassen voldoet	lctd	1.35	!N/mm²
			cot 0	1.00	

WRINGWAPENING

As.langs benodigd [6.28]	0	mm'	Sw.max	nvt	mm	µk	2853	Imm
Toets As,lanas benodigd < As langs totaal	*Voldoet*		Sw.max>bal.alstand	nyt	mm	lyd	435	'N/mm²

MAXIMALE BEUGELAFSTAND

ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE

IScheurmoment > Wringmoment + bgl.afstand voldoet) — (Wringwapening + bgl.afstand voldoet)

Voldoet

Dwarskracht + Wringing (S.3.'(5!

(VED)	1929	kN	(TED)	0	kN				ν	0.528
									αcw	1,000
									lcd	20.0
									Ak	506094
VRd,max	3802	kN	TRd max [6.30]	1266	kN				tel.i	236.8
							Voldoet		sin 0	0.7071
	0,51	+		0,00		0,51	<1		cos 0	0.71

E-3

Breijn B.V.

Grootschalige Intra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 1 & 3
Datum: 16 augustus 2012

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1,O

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING: Dwarskracht

GEOMETRIE: plaat
Betonkwaliteit: 100/37
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'

BUIGTREKWAPENING
Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm
LANGSWAPENING (Ringwapening)
Diameter langswapening 1e laag: 25 mm

Discontinuiteit in doorsnede: Geen

Toegepaste dwarskrachtwapening
Beugels (1 *beugefis 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 a	45	graden
St,max	600	mm	hoek u	0,79	radialen

KRACHTSVERDERLING: Bijzonder/Fundamenteel: Fundamenteel

Rekenwaarde dwarskracht (VE0)	1584	kN
Normaalkracht (- is druk, + is trek)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

As;buigtrek totaal: 9817 mm^2
Nuttige hoogte: 800 mm
Aantal staven: sl
As langs totaal: 1963 mm^2

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON (art.6.2.2(111)

$V_{Rd,c}$ [6.2a] *Afschuifbuigbreuk*	479	kN	<<<MAATGEVEND
$V_{Rd,c}$ [6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN	
$V_{Rd,c}$ [6.41 *Afschuiflrekbreuk*	811	kN	

Toets VRd.c>VEQ [6.1]: Voldoet niet ==> Dwarskrachtwapening nodig

Toets VRd.s>V,o [6.1]: Voldoet

Vmin	0,35
CRd,c	0,12
k	1,50
r1	0,01227
fck	30 N/mm'
k1	0,15
scp	0,00 N/mm²
0	1
fyk	435
Asw	1257
s	240
sin«	1,00
cota	0,00
fcd	20
fywd	435
cota	1,00
z	720
acp	0,000
aew	1,000
tan a	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	arl.9.2.2(6)
	sb,max > h.o.h. afstand beugels dwarsrichting	480	>	240	Voldoed	art.9.2.2(7)
	st,max > tussenafstand benen beugels dwarsrichting	600	>	250	Voldoet	art.9.2.2(8)

SCHEURMOMENT DOOR WRINGING 16.3.21511: Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

TRd,c [6.26]: 324 KNm

Toels TRd.c>TEO: Voldoet — min. Wap. volgens 9.2.1.1 toeDassen voldoet

Ab	900000 mm^2
u	3800 mm²
tef,1	236,8 mm
Ak	506094 mm²
fctd	1,35 N/mm²
cot 0	1,00
1lk	2853 mm
fyd	435 N/mm²

WRINGWAPENING
AS,langs benodigd [6.28]: 0 mm^2
Toets AS,langs benodigd < As langs totaal: Voldoet

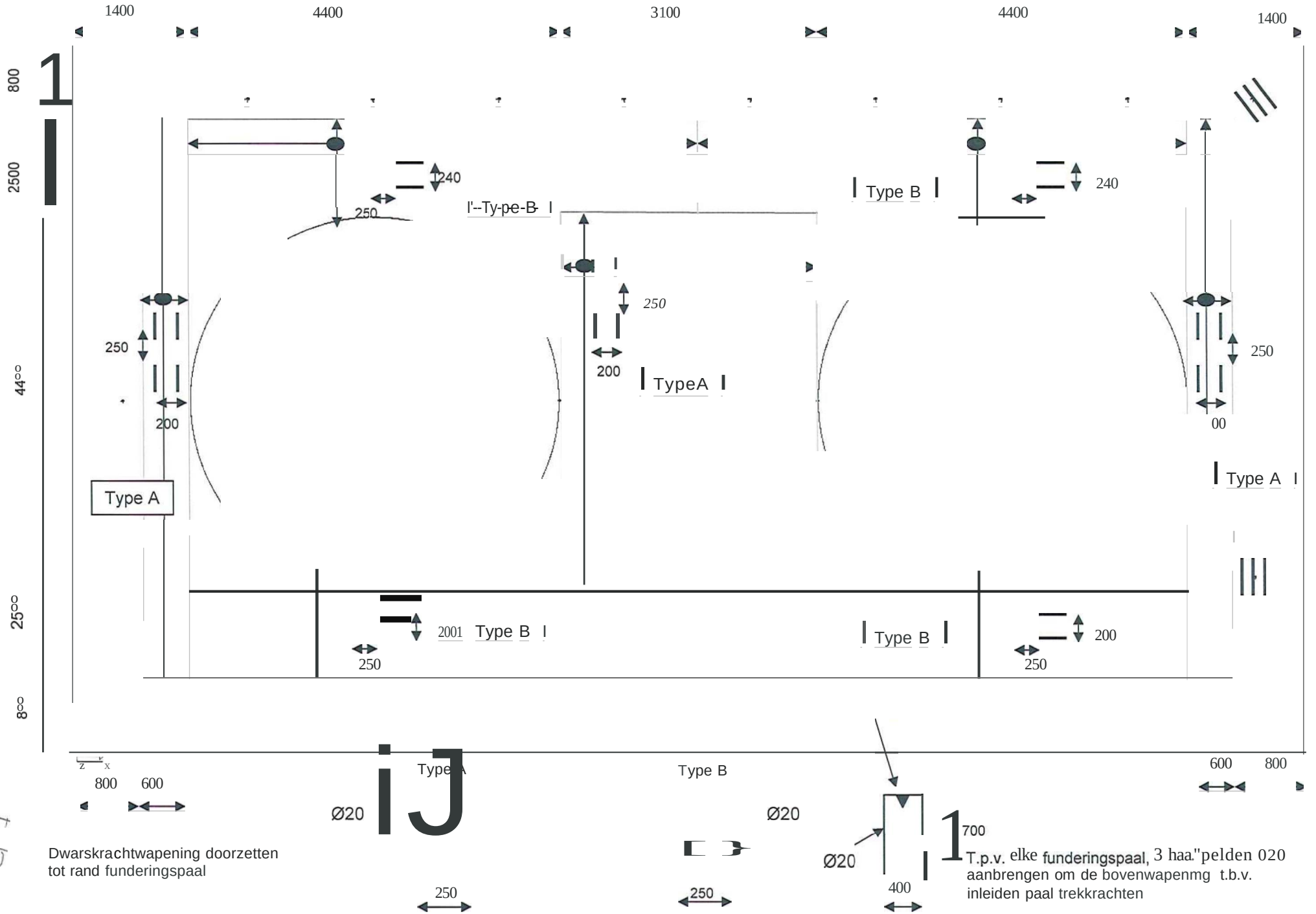
MAXIMALE BEUGELAFSTAND
SW,max: nvt mm
Sw,max>bgl.afstand: nvt mm

ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE
(Scheurmoment > Wringmoment + bgl.arstand voldoet) (Wringwapening + bgl.arsland voldoet)

Dwarskracht + Wringing 16.3.2!S)

(VED)	1584	kN	(TED)	0			Voldoet
VRd,max	3802	kN	TRd,max [6.30]	1266	kN	v	0,528
						acw	1,000
						lcd	20,0
						Ak	506094
						tef,i	236,8
						sin 0	0,7071
0,42	+	0,00		0,42	<1	cose	0,71

E-4



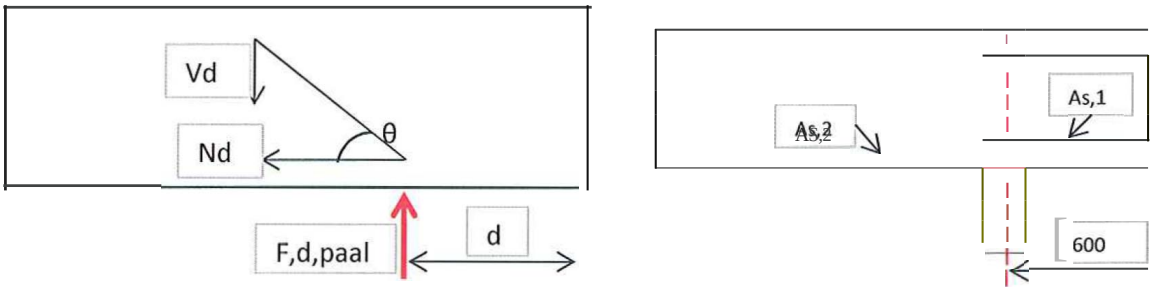
Dwarskrachtwapening doorzetten tot rand funderingspaal

T.p.v. elke funderingspaal, 3 haa."pelden 020 aanbrengen om de bovenwapenmg t.b.v. inleiden paal trekkrachten

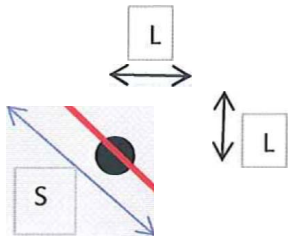
Bijlage F: Inleiden paalkrachten

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	8	45	[0)	(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-1 0)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	845	[kN/m)	Vd= *Fdl* L
Normaalkracht	Nd	845	*[kN/m)*	Nd= *Vdl* [tan(8))

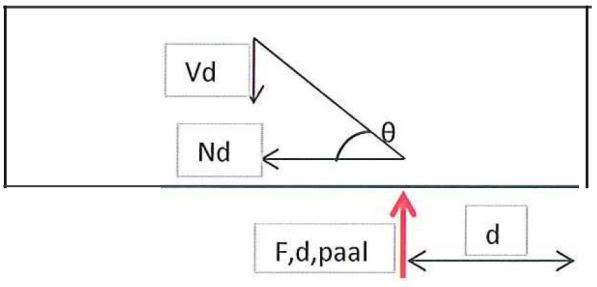


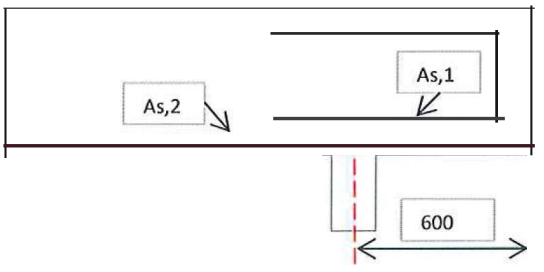
Controle haarspeld				
diameter haarspeld	0k	20	[mm)	
s haarspeld	S	150	[mm)	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2)	As = *(1000/S)*0,25*π*0k2*
Opneembare trekkracht	NU,1	911	[kN/m)	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,93		U.C = *Ndl* Nu, 1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	0k1	12	[mm)	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	Si	100	[mm)	
Wapening laag 2	0k2	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*0k^2*
Opneembare trekkracht	NU,2	1367	[kN/m)	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,62		U.C = *Ndl* NU,2



Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 3)

Betonkwaliteit	1(30/37			
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	8	45	[0]	(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= *Fdl* L
Normaalkracht	Nd	795	[kN/m]	Nd= *Vdl* [tan(8)]

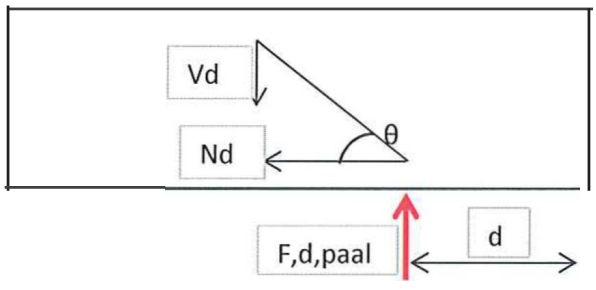


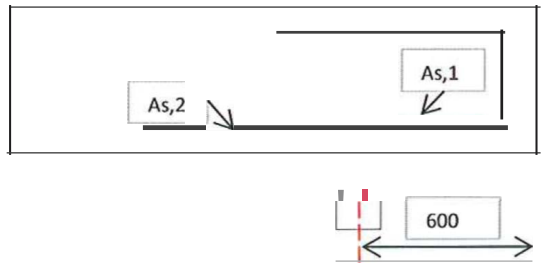


Controle haarspeld				
diameter haarspeld	0k	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As =*(1000/S)*0,25*TT*0k2*
Opneembare trekkracht	NU,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,87		U.C =*Ndl* Nu, 1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	0k1	25	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	0k2	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*TT*0k^2*
Opneembare trekkracht	NU,2	4271	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,19		U.C = Ndl 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	8	45	[0]	(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= *Fdl* L
Normaalkracht	Nd	897	[kN/m]	Nd= *Vdl* [tan(8)]

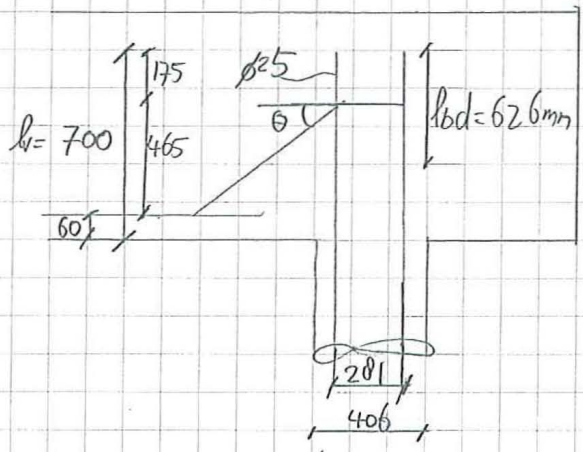


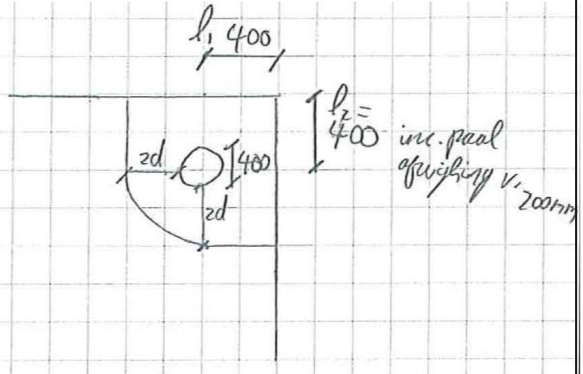


Controle haarspeld				
diameter haarspeld	0k	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As =*(1000/S)*O,25*π*0k2*
Opneembare trekkracht	NU,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,98		U.C =*Ndl* NU,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	0k1	12	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	0k2	20	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	4273	[mm2]	As = Σ *(1000/S)*O,25*π*0k*^{2}
Opneembare trekkracht	NU,2	1859	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,48		U.C = *Ndl* NU,2

F-23

Inleiding trekhaken





Stekken staan 700mm doorsnede o.k. vloer.

Bepalen verankeringslengte

$f_{bd} = 2{,}25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2{,}03/1{,}5 = 3{,}04\ N/mm^2$

$l_{b,rqd} = \frac{\phi_b \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{25 \cdot 435}{4 \cdot 3{,}04} = 894\ mm$

$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{bmin}$

$\alpha_1 = 1{,}0$
$\alpha_2 = 1 - 0{,}15(60-20)/20 = 0{,}7$
$\alpha_3 = 1{,}0$
$\alpha_4 = 1$
$\alpha_5 = 1$

$l_{bd} = 894 \cdot 0{,}7 = 626\ mm$
$l_{bd,min} = max[0{,}3 \cdot l_{b,rqd};\ 10\,\phi;\ 100mm] = max[268;\ 250;\ 100]$

} $l_{bd} = 626\ mm$ aanhouden

Bepalen controle omtrek

2e + 4e laag hoofdwap.

$d = l_v - \frac{1}{2} \cdot l_{bd} - c - \frac{1}{2} \cdot \phi_k = 700 - \frac{1}{2} \cdot 626 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 289\ mm$
$2d = 658\ mm$

$u_1 = l_1 + l_2 + \frac{\pi \cdot (4d + a)}{4} = 400 + 400 + \frac{\pi \cdot (4 \cdot 289 + 281)}{4} \approx 1929\ mm$

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

$$V_{rdc} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \rho_1 \cdot f_{ck}} = 0{,}12 \cdot 1{,}83 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 0{,}004 \cdot 30} = 0{,}5 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{289}} = 1{,}83$$

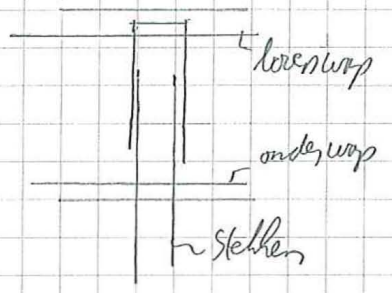
$C_{rdc} = 0{,}18/\gamma_c = 0{,}18/1{,}5 = 0{,}12$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3142}{1000 \cdot 810} = 0{,}004$$ ~ $\phi 12\text{-}100 + \phi 16\text{-}100$

$V_{Ed} > V_{rdc} \Rightarrow$ ponswapening nodig

Benodigde 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

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D_1^2 \cdot 6 = \frac{3}{2} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{2 A_s}{3 \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1766}{3 \cdot \pi}} = 19 \text{ mm} \Rightarrow \phi 20 \text{ toepassen.}$$

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 $f_{ctm} = 2,9$ N/mm²
$f_{cd} = 30/1,5 = 20$ N/mm² $E_{cm} = 33000$ 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) (uit 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

$A_c = \frac{1}{4} \pi 426^2 = 142537$ mm²

$\frac{N_{td}}{f_{cd} A_c} = \frac{781 \cdot 10^3}{20 \cdot 142531} = 0,27$ Aflezen tabel 10.4B GTB

$R = 0,4$

$\frac{M_d}{f_{cd} \cdot A_c \cdot D} = \frac{38 \cdot 10^6}{20 \cdot 142531 \cdot 426} = 0,03$

$\rho = R \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,4 \cdot 20/43 = 0,018$

$A_{sd} = A_c \cdot \rho = 142531 \cdot 0,018 = 2621$ mm²

- Kleine wapening $\underline{7\text{Ø}25} \Rightarrow A_s = \frac{7}{4} \pi 25^2 = 3436$ mm²

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet in de UGT

Controle scheurwijdte

$$\sigma_s = \frac{f_{yd} \cdot A_{sd}}{\gamma_n \cdot A_s} = \frac{435 \cdot 2621}{1{,}22 \cdot 3436} = 272\ N/mm^2 \Rightarrow \psi_1 = 1{,}0$$

L] tabel 4 uitgangsnota

$$S_{rmax} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi_h}{\rho_{eff}}$$

$\Downarrow$

$k_1 = 0{,}8$ $\quad k_3 = 3{,}4$

$k_2 = 0{,}5$ $\quad k_4 = 0{,}425$

$$\rho_{eff} = \frac{A_{s,1\,staf}}{B_{eff} \cdot H_{eff}} = \frac{\frac{1}{4}\pi\, 25^2}{135 \cdot 1)7} = 0{,}031$$

$$B_{eff} = H.O.H.\ \text{wapening} = \frac{\pi \cdot (\overset{D}{426} - 2 \cdot \overset{c}{50} - \overset{\phi_h}{25})}{\underset{n\ staven}{7}} = 135\ mm$$

aanname x_u

$$H_{eff} = Min\left[2{,}5 \cdot \underbrace{(D-d)}_{D-d = c + \frac{1}{2}\phi_h};\ c - x_u \angle 3;\ D/2\right] = Min\left[\underbrace{2{,}5 \cdot \left(50 + \frac{25}{2}\right)}_{156};\ \underbrace{\frac{426 - 75}{3}}_{117};\ \underbrace{\frac{426}{2}}_{213}\right] = 117\ mm$$

$$S_{rmax} = 3{,}4 \cdot 50 + 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}425 \cdot 25/0{,}031 = 307\ mm$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \left(\frac{f_{ctm}}{\rho_{peff}} \cdot 1 + \alpha_e \cdot \rho_{peff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\Downarrow$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \frac{272 - 0{,}4 \cdot \frac{2{,}9}{0{,}031} \cdot \left(1 + \frac{2{,}0 \cdot 10^5}{33\,000} \cdot 0{,}031\right)}{2 \cdot 10^5} > 0{,}6 \cdot \frac{272}{2{,}0 \cdot 10^5} \Rightarrow 0{,}0011 > 8{,}34 \cdot 10^{-4}$$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0{,}0011$

$W_k = S_{rmax} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 307 \cdot 0{,}0011 = 0{,}35\ mm$ (optredend)

$W_{kmax} = W_{max} \cdot \frac{c}{c_{min}} = 0{,}3 \cdot \frac{50}{40} = 0{,}38\ mm$ (toelaatbaar)

$W_k \geq W_{kmax} \Rightarrow$ Voldoet

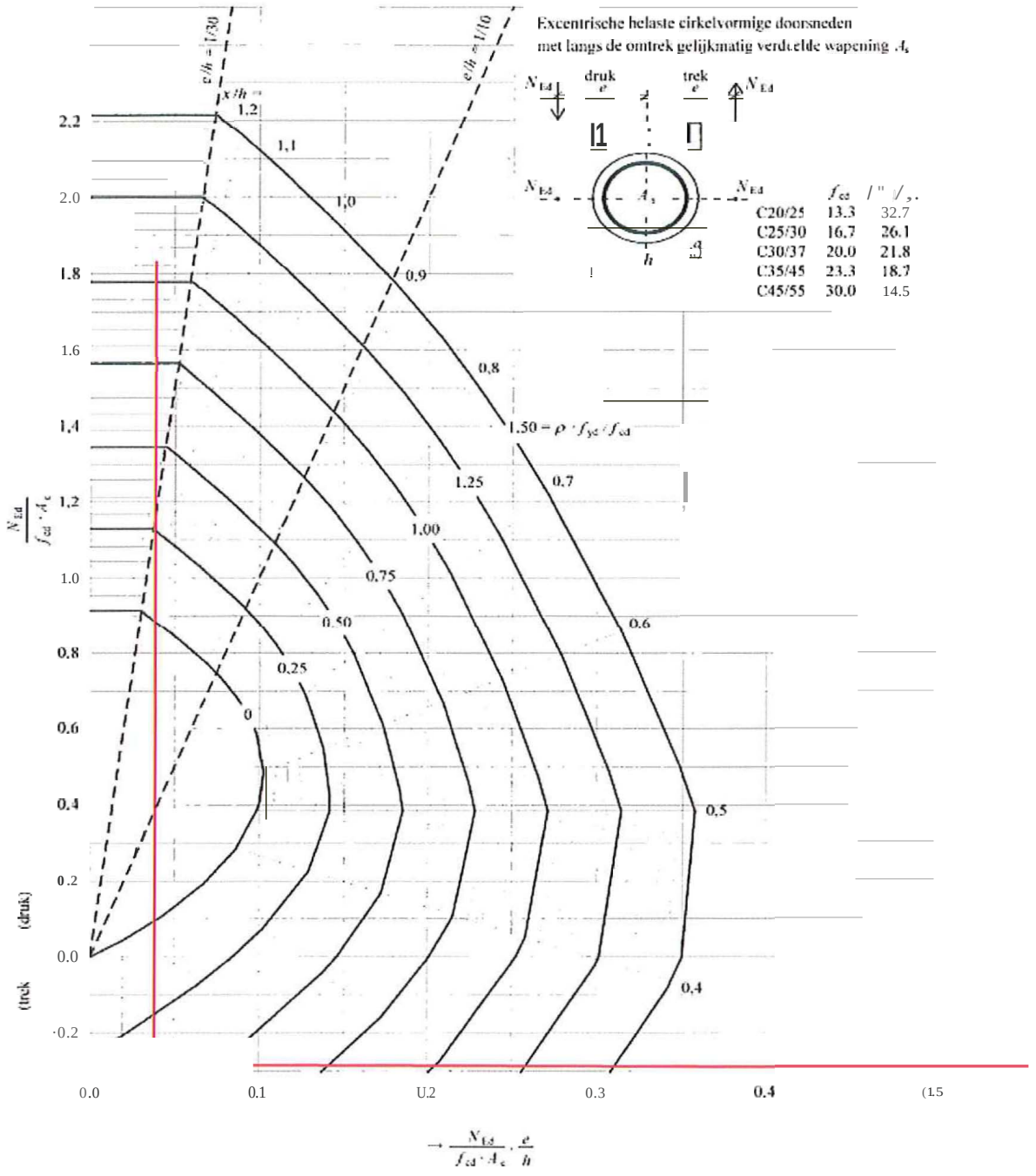
Berekening paalkopwapening

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	• 1		
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	oe	6		oe = Esl 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	[kNml	Md= (Md,y^2+ Md,z2)o.5
Belastingfactor	Yn	1,22		Tabel 4 uilgangspunlennola
Berekening buigwapening kopnet (m.b.v. GTB tabel 10.4.b)				
Normaalkracht coefficient	W1	0,27		n1 =N,tdl (fcd* Ac)
Moment coefficient	W2	0,03		n2 =M,tdl (fcd* Ac*D)
	R	0,4		(Aflezen grafiek)
Wapeningshoeveelheid	p	0,0184		P = R* *fcdl* fyd
Minimale benodigde wapening	Asd1	2621	[mm^2)	Asd= Ac* p
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-0k)1* n
Aanwezige wapening	As1	3436	[mm^2]	As = n* 0,25* π* $Øk^2$
Unily check	U.C.	0,76	Voldoet	U.C. = Asdl As
Controle scheurwijdte				
Frequente belastingsdactor BGT	ψ1	1		ψ1 = 1,0 voor hoekmasten en 0,75 voor s
Staalspanning	Gs	272		Gs1 = (fyd * Asd)/(Yn * As1) , ψ1
Drukzone paal	xu	75		(aanname)
	k1	0,8		k3 3,4
	k2	0,5		k4 0,425
Effectieve breedte	Beft	135	[mm]	(gelijk genomen aan h.o.h. wapening)
Effectieve hoogte	Heft	117	[mm]	Heft = MIN(2,5*(c+O,5*0k);(D-Xu)/3;(D/2))
Wap verhouding trekzone	Pp.efl	0,031		Pp.efl = (Asin) / (Beft * Heft)
Factor langdurende belasting	k,	0,4		
Maximale scheurafstand	s r,max	307	[mm]	Sr.ma, =k3'c+k1'k2'k4'dkl Pp.efl
Scheur rek	ε_{sm} - ε_{cm}	0,0011		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	Wk	0,35	[mm)	Wk = Sr.max' ([sm - [cm)
Maximale scheurwijdte	W_{max}	0,3	[mm]	(label 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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \quad \frac{Os - k_t \text{ 'el.eff } (1 + a\ ePp.eff)}{Pp.eff} \quad \frac{E_s}{} > 0\ 6\ \frac{\sigma_s}{E_s}$$

buiging en
normaalkracht

C20/25 - C45/55 B500 0,15



Dwarskrachtwapening paal kop

Dimensionering wapening op basis van Cementartikel "dwarskrachtwapening in ronde kolommen en funderingspalen" 2006.

Belastingen

* $V_d = 38\ kN \Rightarrow$ blz C-31

$N_{dt} = 781\ kN$

* Volgens Scia is V_d gelijk aan 39 kN. Deze waarde is onnauwkeurig omdat Scia niet goed overweghan met elementen die ondersteund zijn met een bedding. Voor de berekening is een V_d aangehouden van 50 kN.

Dwarskrachtcapaciteit ronde doorsnede

$r = D/2 = 426/2 = 213\ mm$

$r_s = r - c - \phi_h/2 = 213 - 50 - \underbrace{25}_{\text{zie blz H-1}}/2 = 151\ mm^2$

$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{2 \cdot r_s}{\pi \cdot r}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2 \cdot 151}{\pi \cdot 213}\right) = 0{,}47\ rad$

$A_v = r^2\left(\frac{\pi}{2} + \alpha + \sin\alpha \cdot \cos\alpha\right) = 213^2\left(\frac{\pi}{2} + 0{,}47 + \sin(0{,}47) \cdot \cos(0{,}47)\right) = 110660\ mm^2$

$\tau_d = \frac{V_d}{A_v} = \frac{38 \cdot 10^3}{110660} = 0{,}34\ N/mm^2$ (optredend)

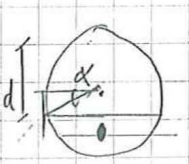
$\tau_u = \tau_1 - \tau_n = 0{,}035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} - \frac{N_{dt}}{A_c} \cdot k_1 = 0{,}035 \cdot 1{,}79^{3/2} \cdot 30^{1/2} - \frac{781 \cdot 10^3}{152053} \cdot 0{,}15 =$

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{331}} = 1{,}79$

$\tau_u = -0{,}36\ N/mm^2$

$d = D/2 + \frac{D}{2}\tan(\alpha)$

$d = 426/2 + \frac{426}{2} \cdot \tan(0{,}47) = 320\ mm$



$\tau_u < \tau_d \Rightarrow$ dwarskrachtwapening nodig.

Dwarskrachtwapening

Indien beugelwapening

$A_{sv} = \frac{2 \cdot r_s \cdot T_d}{0{,}9 \cdot f_{yd}} = \frac{2 \cdot 151 \cdot 0{,}34}{0{,}9 \cdot 435} = 0{,}264\ mm^2/mm \Rightarrow 264\ mm^2/m$

Rekening houdend met 2-snedigheid $A_{sv} = 264/2 = 132\ mm^2/m'$

Keuze wapening $\phi 8 - 250 \Rightarrow A_s = \pi \cdot 8^2 = 201\ mm^2/m'$

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

Indien spiraalwapening

Keuze spoed $p = 150\ mm$ eis: $p < \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 320 = 160\ mm$

$150\ mm < 160\ mm \Rightarrow$ Voldoet.

$A_{sd} = \frac{r \cdot p \cdot T_d}{0{,}9 \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0{,}225 \cdot \frac{p}{r})} = \frac{213 \cdot 150 \cdot 0{,}34}{0{,}9 \cdot 435 \cdot (1 - 0{,}225 \cdot \frac{150}{213})} = 35\ mm^2$

Keuze wapening $\phi 8 \Rightarrow A_s = \frac{\pi 8^2}{4} = 50\ mm^2$

Keuze wapening $\phi 8 - p = 150$

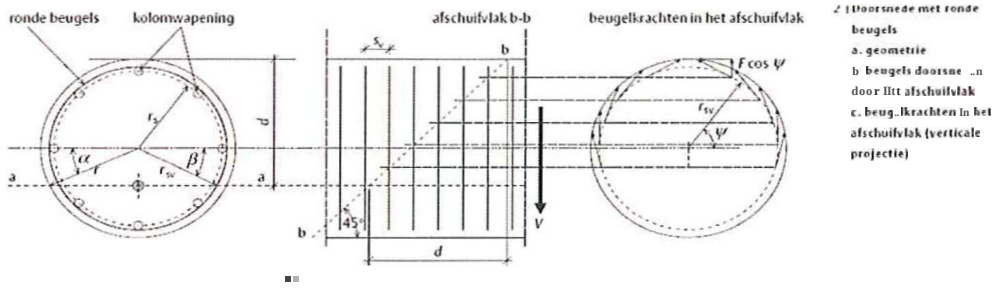
$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

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*
8traaltot wapening	rs	151	[mm)	rs= *D/2*- c- Øk/2
Hoek	a	0,47	[rad]	a= sin' [(2*rs)/(TT*r)]
Oppervlakte afschuifvlak	Av	110660	[mm^2]	Av= r^{2*} *(TT/2+* a+ sin(a)*cos(a))
Optredende schuifspanning	Td	0,34	*[N/mm^2]*	Td= *Vdl* Av
Opneembare schuifspanning	Vmin	0,46	*[N/mm^L)*	Vmin= 0,035* k(312)* fck(112)
Nuttige hoogte doorsnede	d	320	[mm]	d= *D/2 + (D/2)** tan(a)
Schaalfactor	k	1,79		k= 1+ *(200/d)o,5*
Reductie door trekkracht	T,n	0,82		T,n= (N,dU Ac) *k1
Reductiefactor	k1	0,15		
Oneembare schuifspanning	T,U	-0,36	[N/mm^2]	$\tau,u= v_{min} - \tau,n$

** r,u is kleiner dan nul. Dwarkrachlwapening moel 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 <O,5*d
Oplossing indien beugelwapening				
Benodigd staal oppervlakte	Asv,2	264	*[mm^2/m]*	As,2v=[2* rs* *Td/(O,9** fyd))*1 000
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,*11* As
Oplossing indien spiraalwapening				
Benodigd staal oppervlakte	Asvh	33	[mm^2]	Asvh= [r* p*Td] *1[(0,9** fyd* (1-0,225* *p/r))*
Staal oppervlakte aanwezig	As	50	[mm^2]	
	U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Asvhl As



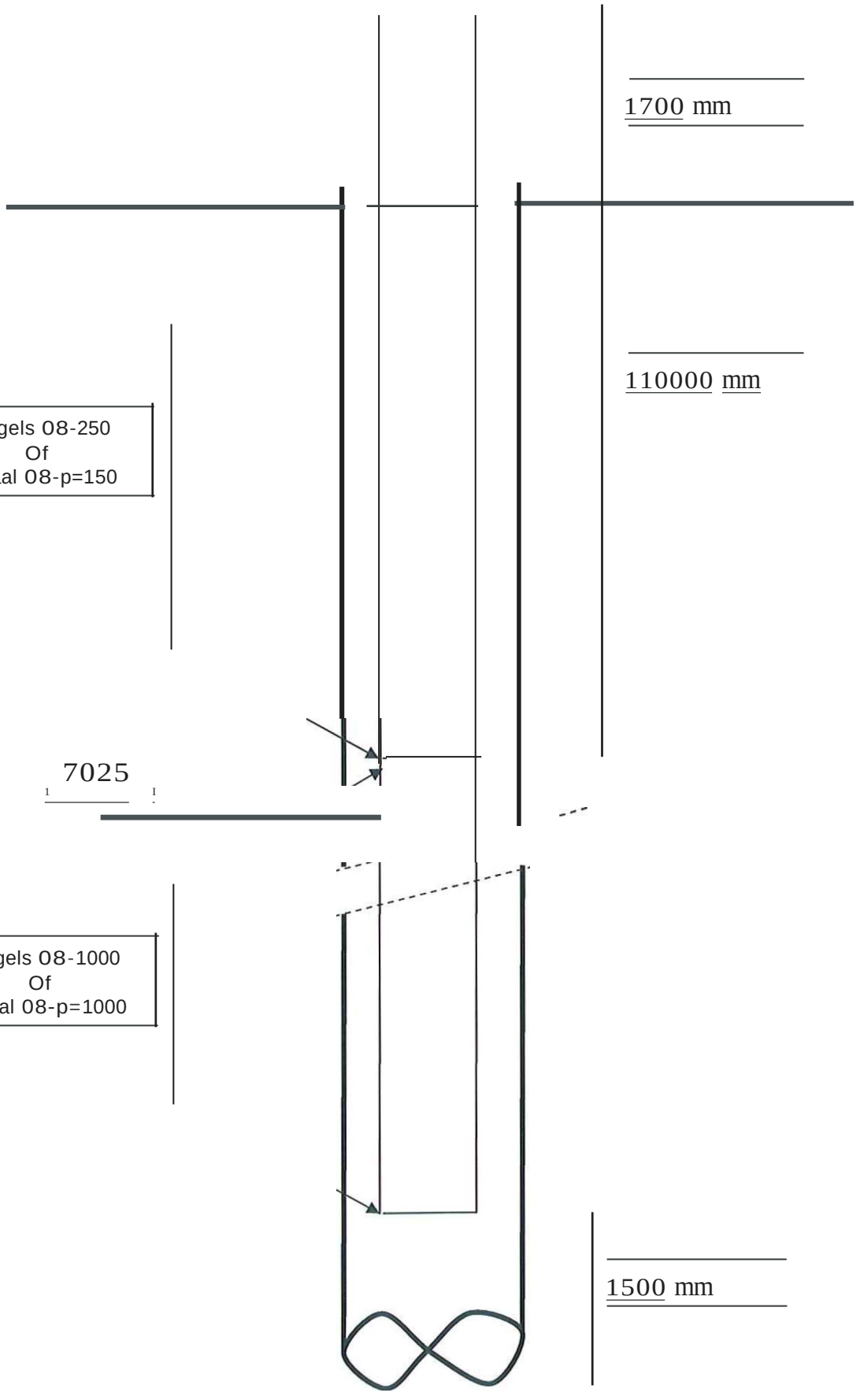
2 | Doorsnede met ronde beugels
a. geometrie
b beugels doorsne ..n door Iltt afschuifvlak
c. beug..lkrachten in het afschuifvlak (verticale projectie)

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]	(tabel4.4N, EN1992, XC2)
Toegepaste dekking wapening	c	50	[mm]	
Beton oppervlakte	Ac	142531	[mm^2]	Ac = 0.25*lT*D^2
Materialen				
Betonkwaliteit				
Betonstaal vloeispanning	fyd	435	[Nfmm^2]	
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[Nfmm^2]	
Design druksterkte	fcd	20	[Nfmm^2]	
Gemiddelde treksterkte	fctm	2,9	*[Nfmm^2]*	
E-mod staal	Es	200000	[Nfmm^2]	
E-mod beton	Ecm	32837	[Nfmm^2]	
Stijfheidverhouding	oe	6		oe = Esf Ecm
Belastingen				
Normaal trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C-31)
Belastingfactor	Yn	1,22		Tabel 15 uitgangspuntennota
Berekening wapening				
Diameter wapeningstaaf	0k1	25	[mm]	
Aantal staven	n	7	[stk.]	
h.o.h afstand staven	s	135	[mm]	s = lT*(D-2*c-0k)f n
Benodigde wapening	AS,d	1795	[mm^2]	AS,d= Nd,tI fyd
Aanwezige wapening	As	3436	[mm^2]	As= n* 0,25* lT*Ok^2
Unity check	U.C.	0,52	Voldoet	U.C. = Asdf As
Controle scheurwijdte				
Staalspanning	Gs	186	*[N/mm^2)*	Gs1 =(fyd * Asd)/(Yn * 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	Heft	142	[mm]	Heft = MIN(2,5*(c+0,5*0k);(D-Xu)/3;(D/2»
Wap verhouding trekzone	Pp,eff	0,026		Pp,eff =*(As11 n)1* (Beft * Heft)
Factor langdurende belasting	kt	0,4		
Maximale scheurafstand	Sr,max	502	[mm]	Sr,max =k3*c+k1 *k2*k4*dkl Pp,eff
Scheur rek	ε_{sm} - ε_{cm}	0,0007		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	w k	0,3	[mm]	w k = Sr,ma: (E_{sm} - E_{cm})
Maximale scheurwijdte	w max	0,3	[mm]	(tabel7,1N; NB EC2; MKXC4:)
Toelaatbare scheurwijdte	w kmax	0,4	[mm]	w kmax = w max * *CICmin*
	U.C.	0,89	Voldoet	U.C. = Wmaxl Wkmax

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{cl.eff}}{P_{p,eff}} (1 + a_e P_{p.eff})}{Es} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

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:

$$\frac{1}{k_{trek;axiaal}} = \frac{1}{k_{schacht}} \quad (1.3)$$

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.

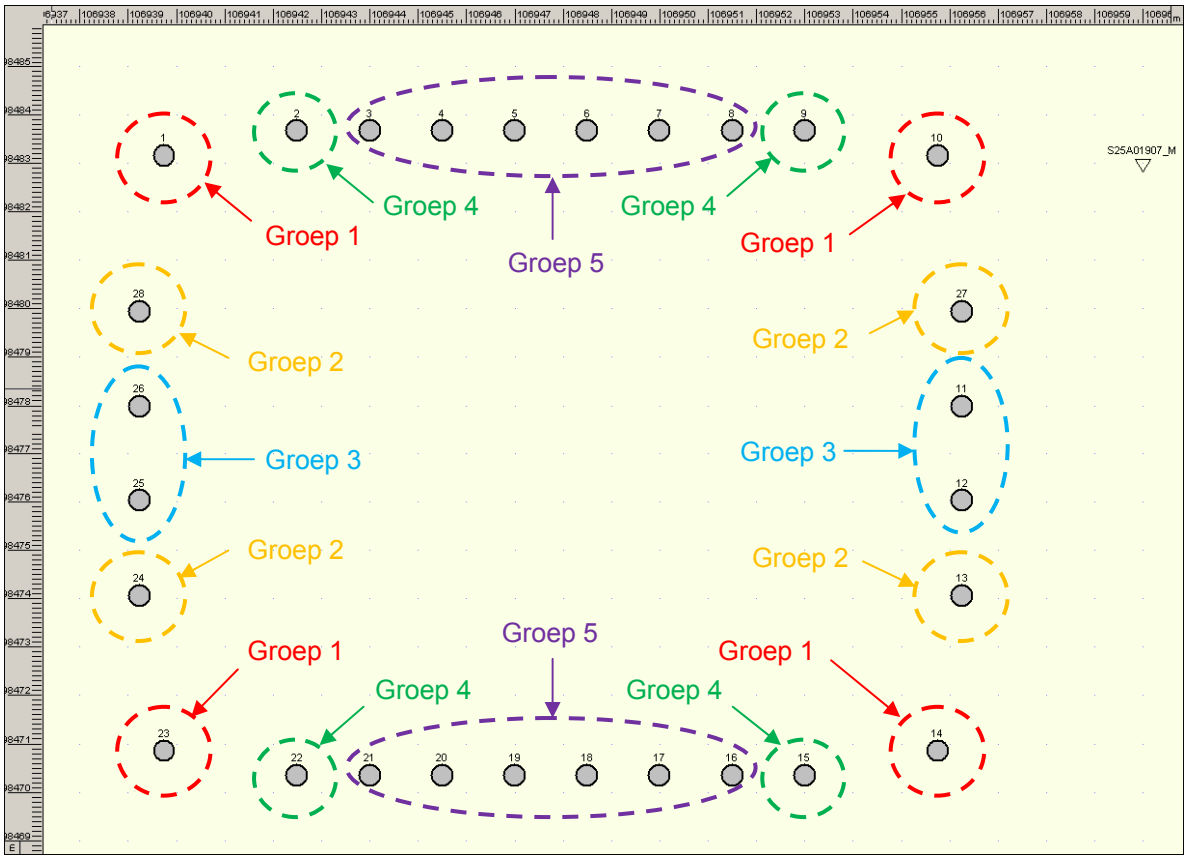
In de voorbeeldcase van mastlocatie 1 zijn de in tabel 2 en tabel 3 vermelde stappen opgenomen. Achtereenvolgend zijn de volgende berekeningen uitgevoerd voor mastlocatie 1:

- 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

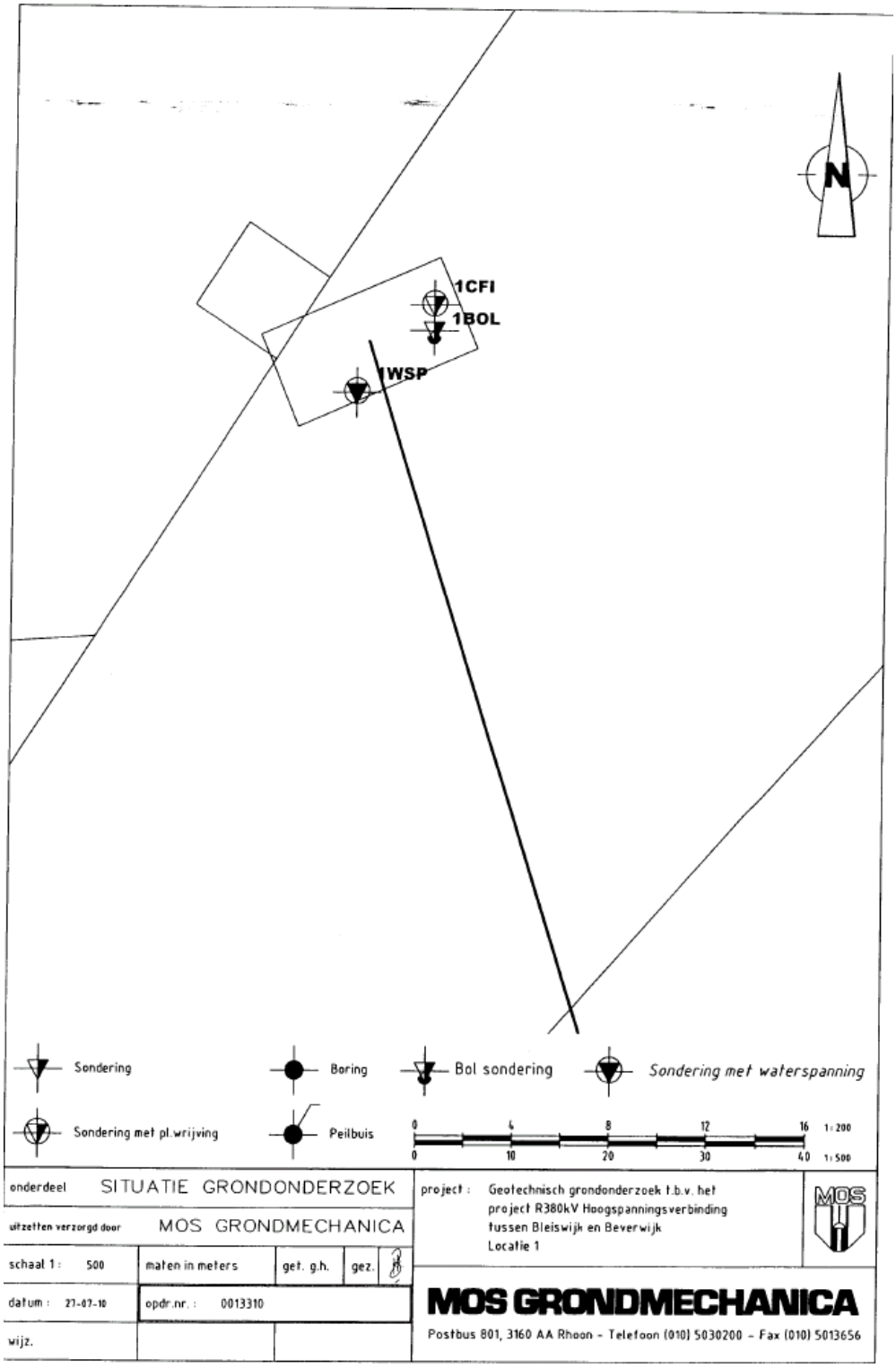
Geconcludeerd wordt dat bij mast 1 met Vibro-palen Ø456 (voetplaat 510 mm) met een paalpuntniveau van NAP-27,5 m, wordt voldaan aan vigerende normen en richtlijnen.
De rotatie van de poer en benodigde wapening, is door de constructeur bepaald op basis van de in tabel 4c berekende veerstijfheden.

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

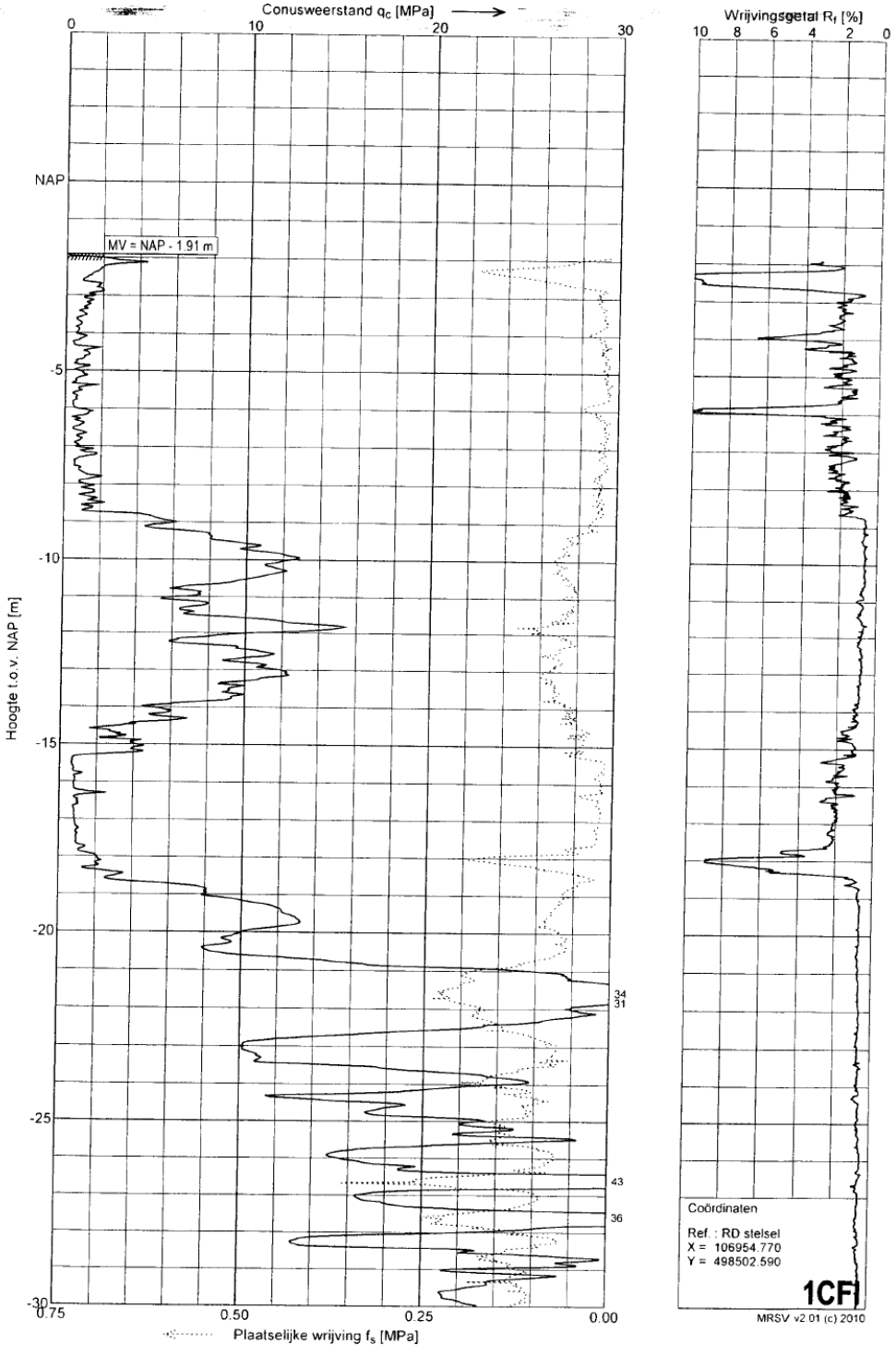


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

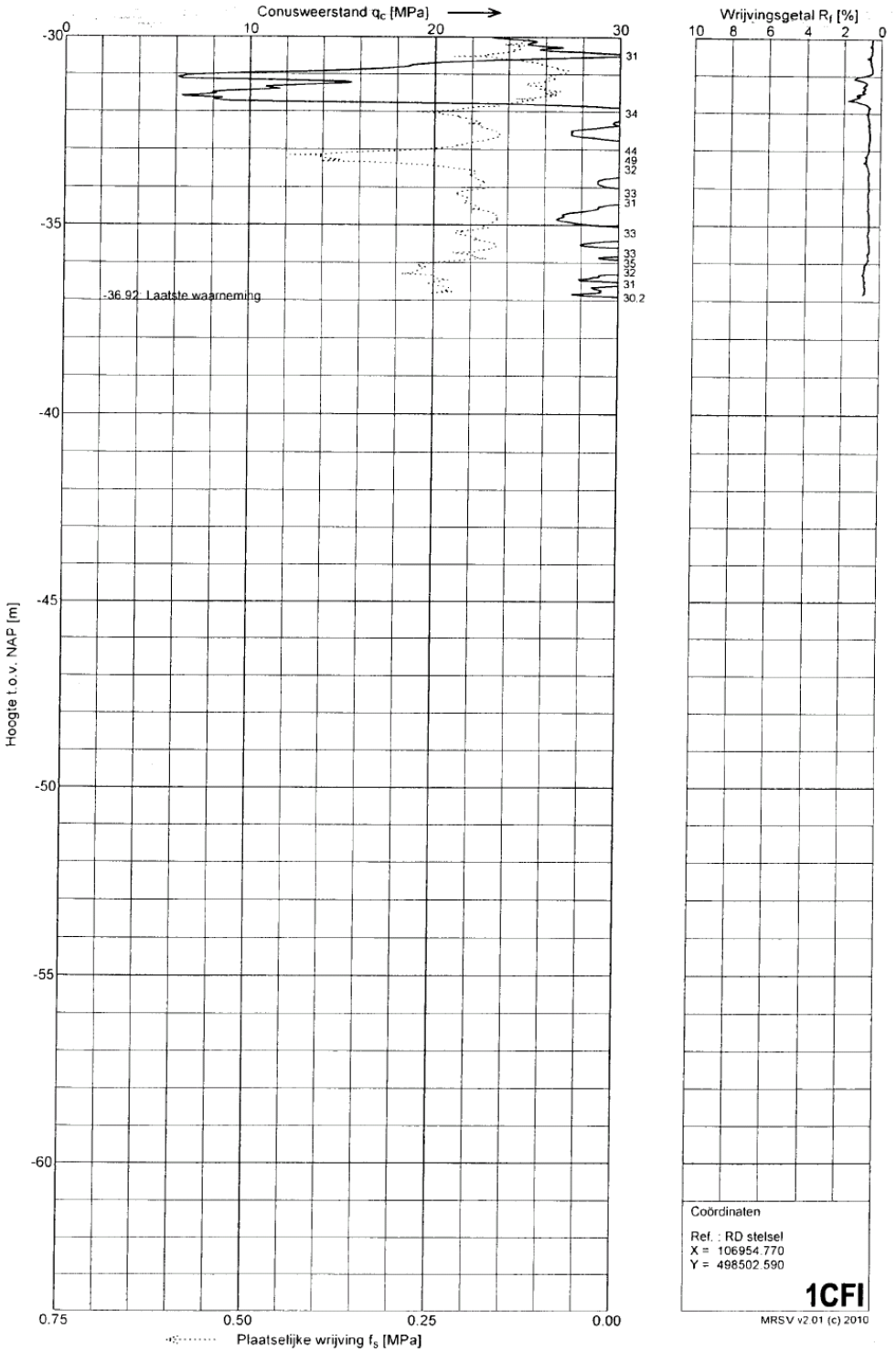


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2

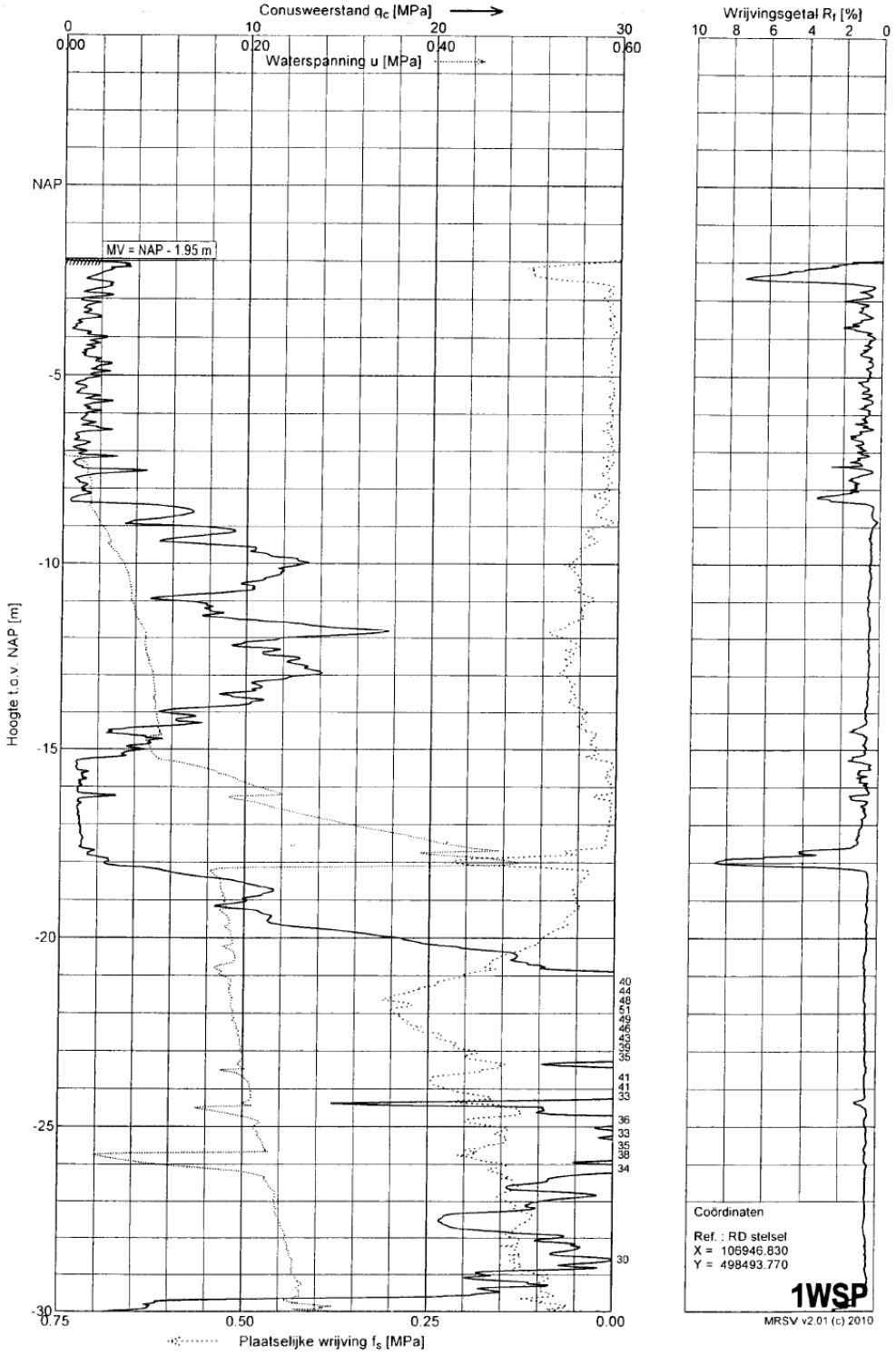


Sondering 1WSP

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

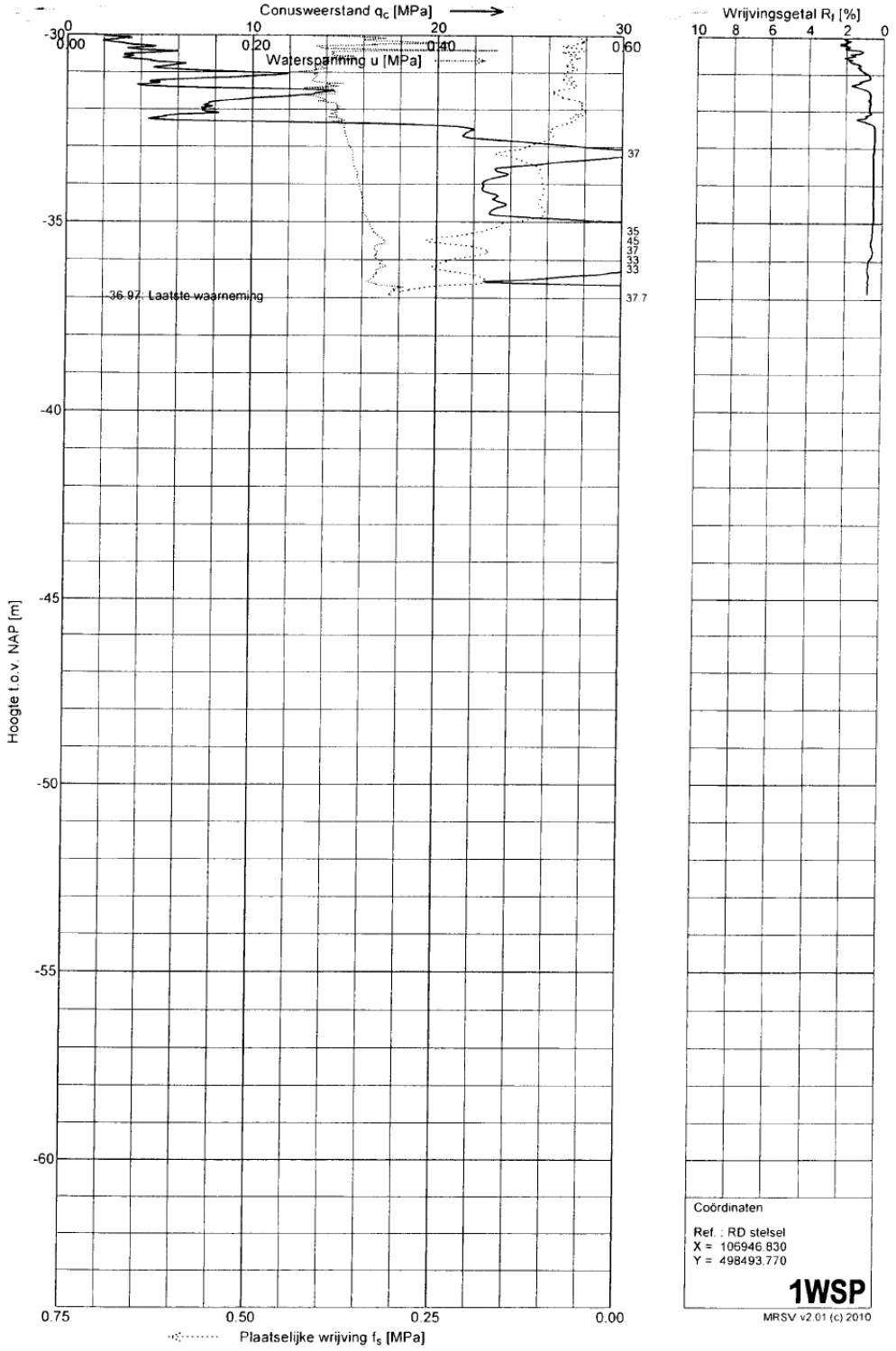


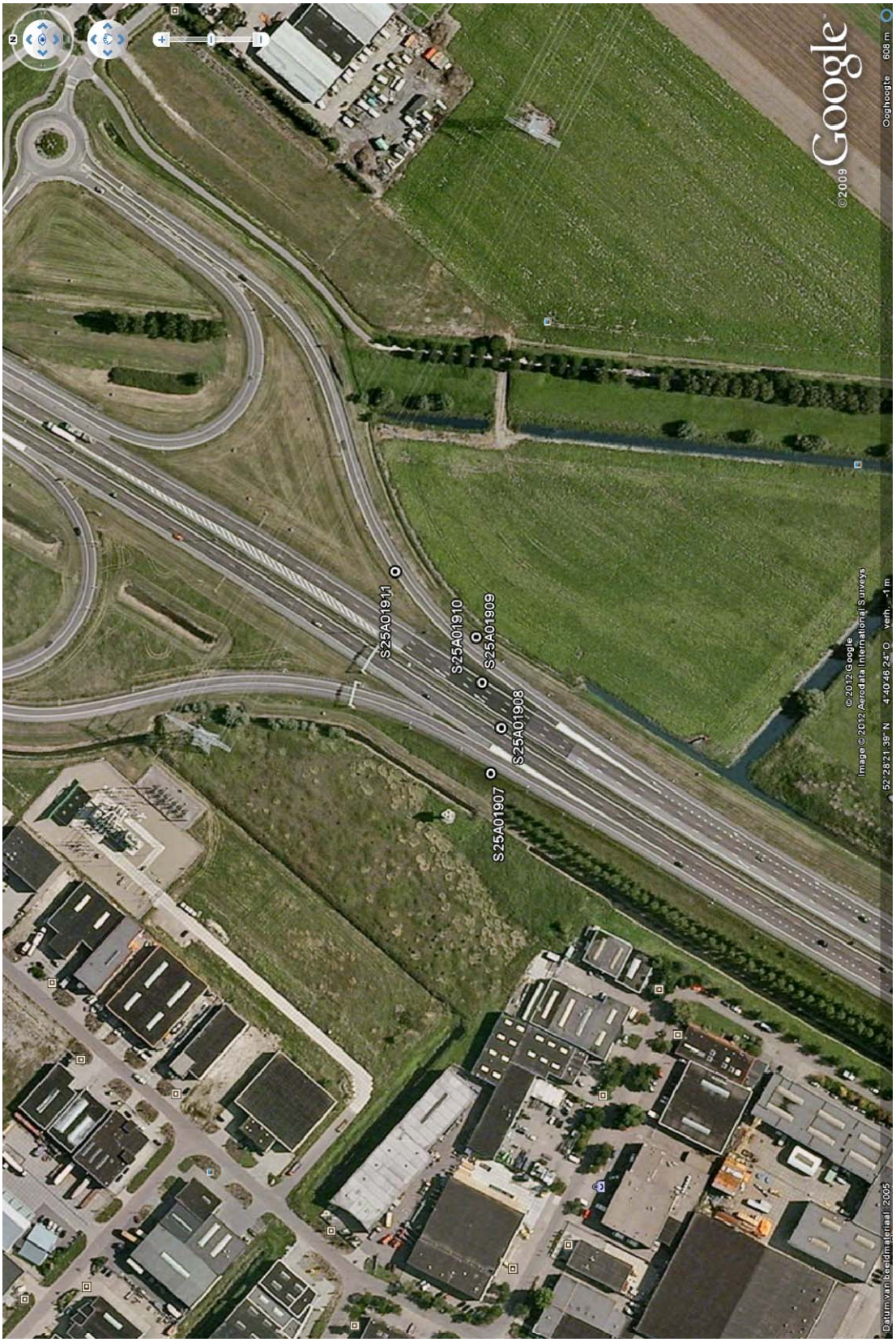
Sondering 1WSP

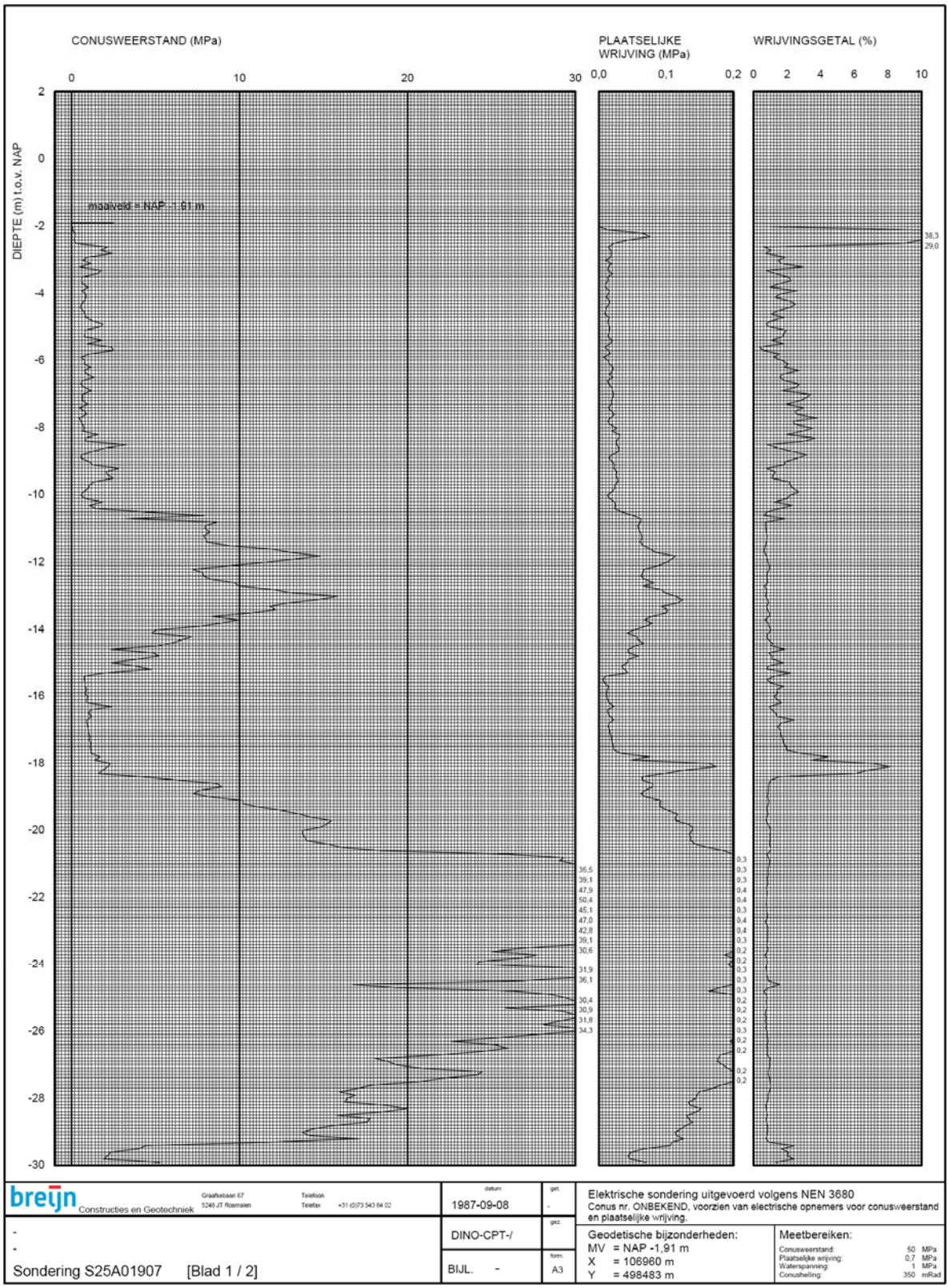
Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

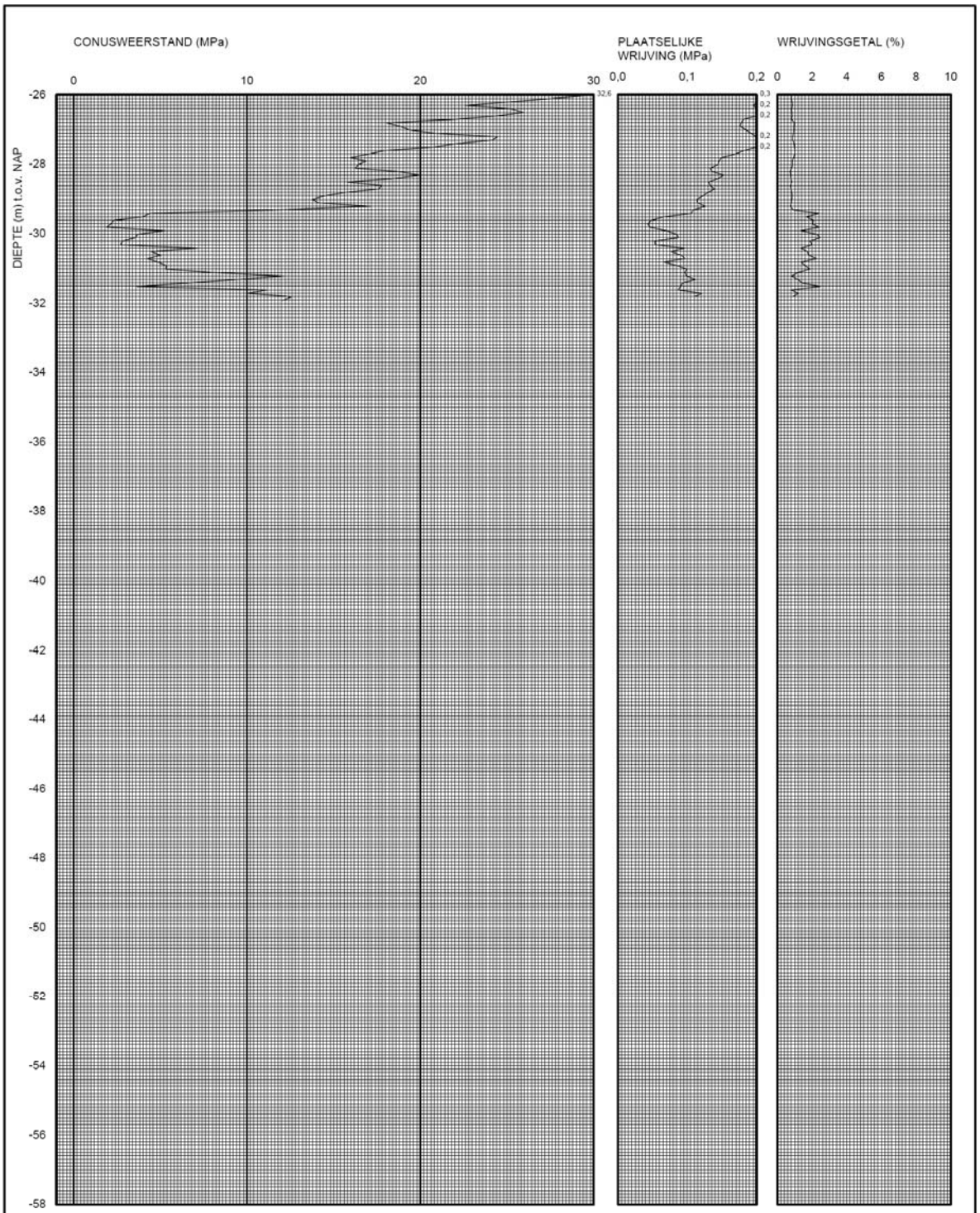
Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

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

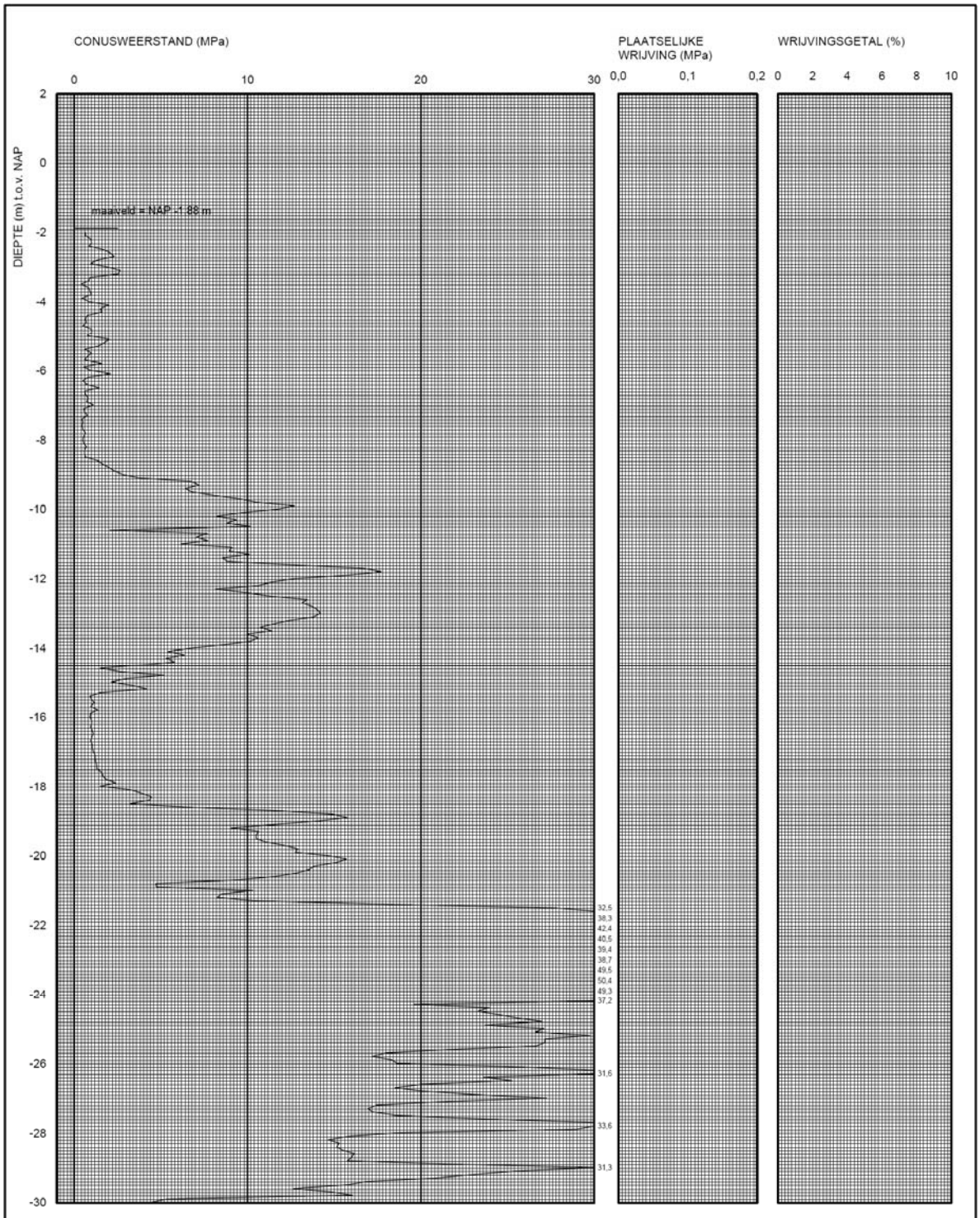

CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,91 m
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
2
4
6
8
10
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
-18
-20
-22
-24
-26
-28
-30
38,3
29,0
35,5
39,1
47,9
50,4
45,1
47,0
42,8
39,1
30,6
31,9
36,1
30,4
30,9
31,8
34,3
0,3
0,3
0,3
0,4
0,4
0,3
0,4
0,4
0,3
0,2
0,2
0,3
0,3
0,3
0,3
0,2
0,2
0,2
0,3
0,2
0,2
0,2
0,2
breijn
Constructies en Geotechniek
Graafseloaan 67
5240 JT Rosmalen
Telefoon
Telefax +31 (0)73 543 64 02
datum
1987-09-08
get.
-
gez.
DINO-CPT-/
form.
A3
BIJL. -
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:
Conusweerstand: 50 MPa
Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa
Waterspanning: 1 MPa
Conushelling: 350 mRad
-
-
Sondering S25A01907 [Blad 1 / 2]



breijn Constructies en Geotechniek
Graafseloaan 67 5248 JT Rosmalen
Telefoon
Telefax +31 (0)73 543 64 02

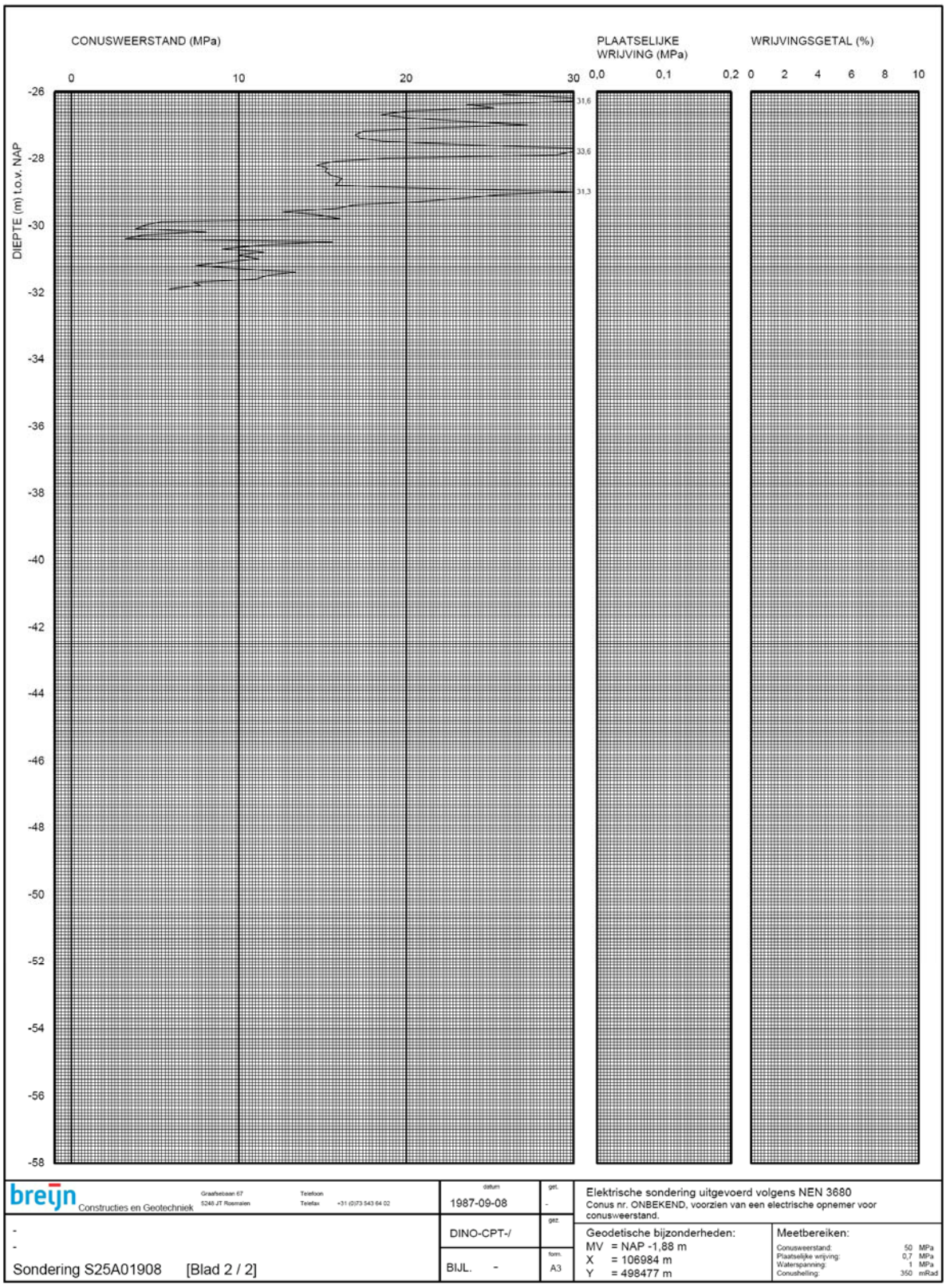
datum 1987-09-08	get. -	Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.	
DINO-CPT-/	gez.	Geodetische bijzonderheden: MV = NAP -1,91 m X = 106960 m Y = 498483 m	Meetbereiken: Conusweerstand: 50 MPa Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa Waterspanning: 1 MPa Conushelling: 350 mRad
BIJL. -	form. A3		

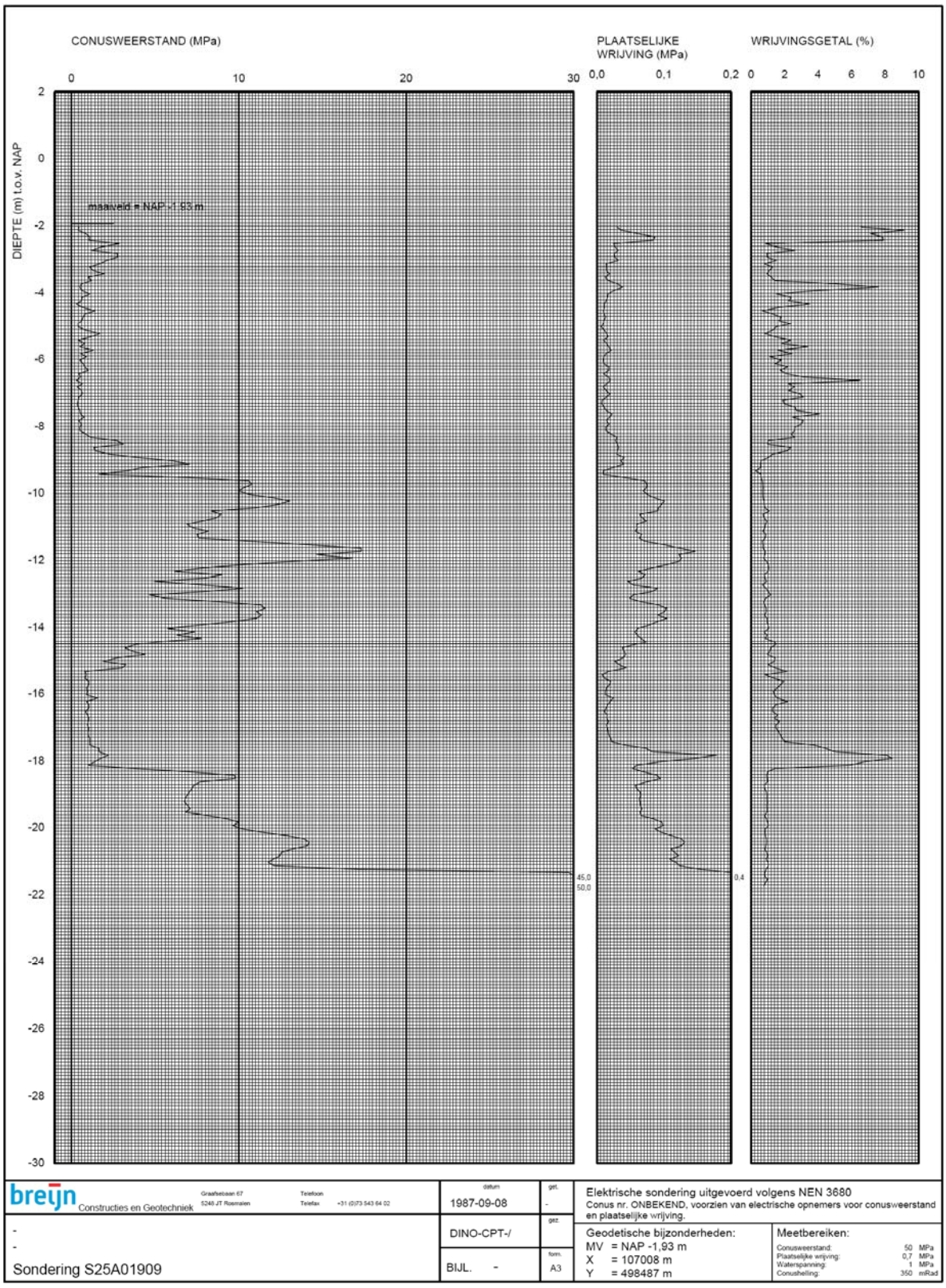
-
-
Sondering S25A01907 [Blad 2 / 2]



breijn Constructies en Geotechniek
Graafseloaan 67 5248 JT Rosmalen
Telefoon
Telefax +31 (0)73 543 64 02

	datum 1987-09-08	get. -	Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. ONBEKEND, voorzien van een electrische opnemer voor conusweerstand.
-	DINO-CPT-/	gez.	Geodetische bijzonderheden: MV = NAP -1,88 m X = 106984 m Y = 498477 m
Sondering S25A01908 [Blad 1 / 2]	BIJL. -	form. A3	Meetbereiken: Conusweerstand: 50 MPa Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa Waterspanning: 1 MPa Conushelling: 350 mRad


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
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
Graafseboan 67
5240 JT Rosmalen
Telefoon
Telefax +31 (0)73 543 64 02
datum
1987-09-08
get.
-
gez.
DINO-CPT-/
form.
A3
BIJL. -
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:
Conusweerstand: 50 MPa
Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa
Waterspanning: 1 MPa
Conushelling: 350 mRad
-
-
Sondering S25A01908 [Blad 2 / 2]


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
Graafseboan 67
5248 JT Rosmalen
Telefoon
Telefax +31 (0)73 543 64 02
datum
1987-09-08
get.
-
gez.
DINO-CPT-/
form.
A3
BIJL. -
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:
Conusweerstand: 50 MPa
Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa
Waterspanning: 1 MPa
Conushelling: 350 mRad
-
-
Sondering S25A01909

Bijlage 2: Paalspecificaties Vibro-paal

(Bron: Funderingshandboek, SBR, 2010)

Trefwoorden

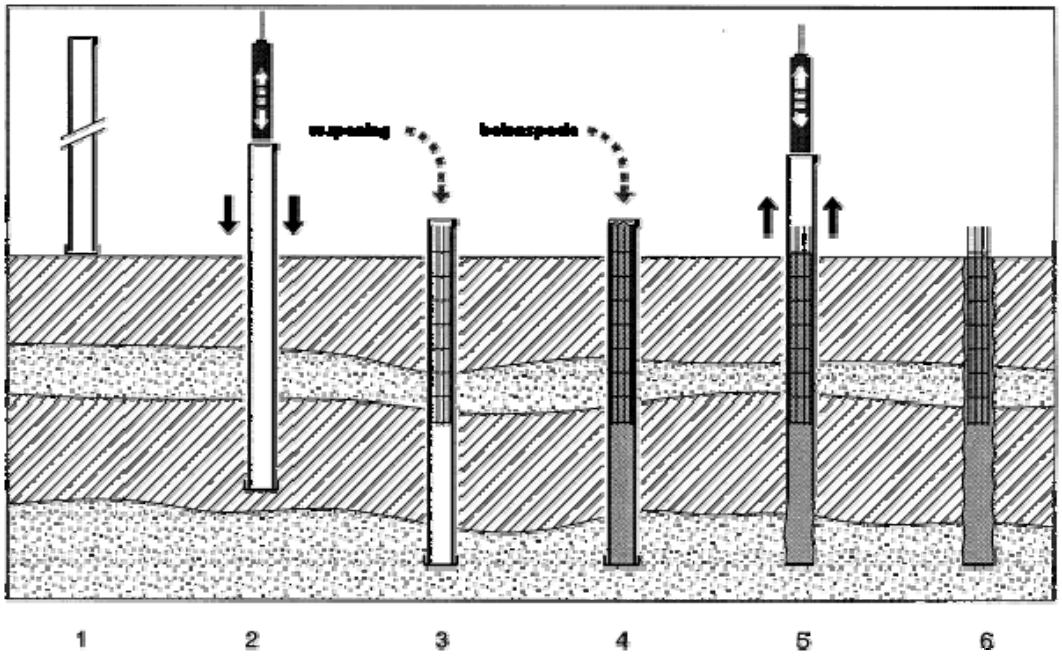
mate van grondverdringing:	grondverdringend
installatiewijze:	heien
trillingen:	niet trillingsarm
fabricage:	in de grond gevormd
groutinjectie:	nee
materiaal:	beton

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.

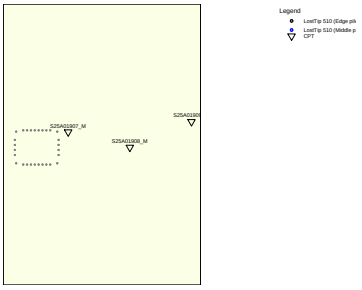
2.4 Superstructure

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



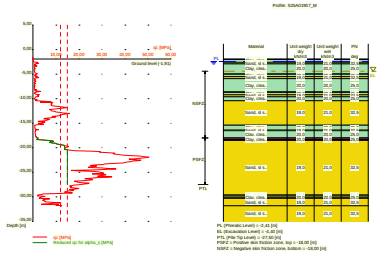
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	-27,50	-18,00	-18,00	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	-27,50	-18,00	-18,00	106984,00	498477,00

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

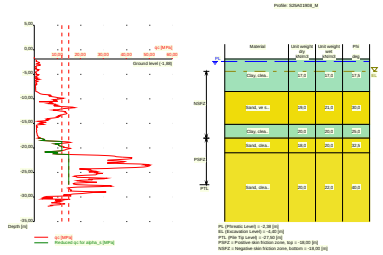


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
2	-2,010	20,00	20,00	25,00	Clay	--
3	-2,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
4	-2,710	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
5	-2,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
6	-4,910	19,00	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

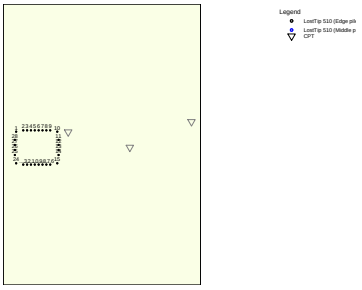
Pile type :	User defined (vibrating)
Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel: Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat: alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 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

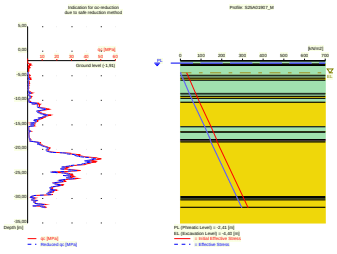
2.8.1 View of Foundation Plan



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

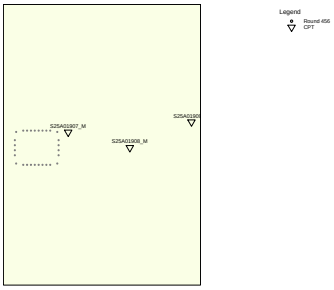
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

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



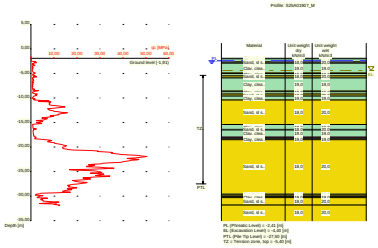
Number/name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

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



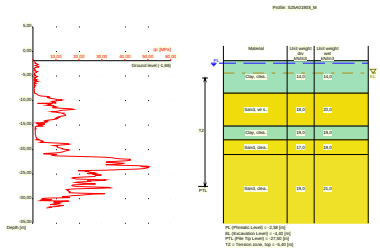
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	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

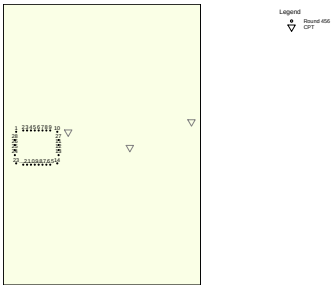
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

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



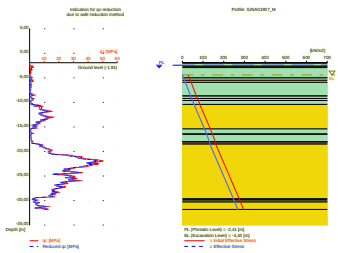
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
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

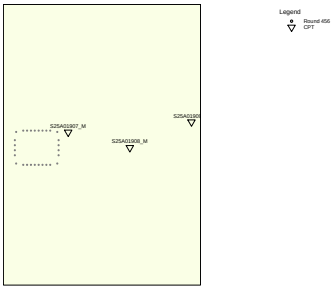
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

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



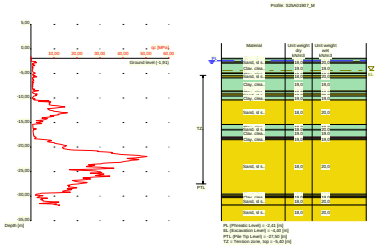
Number/name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

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



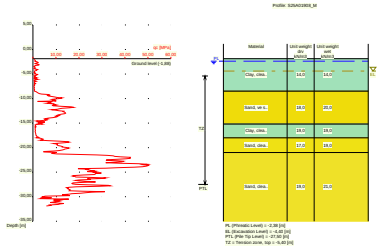
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	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

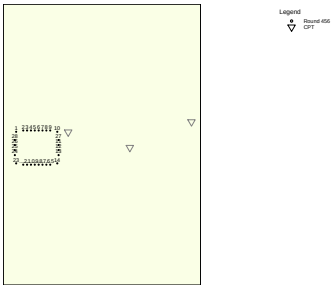
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

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



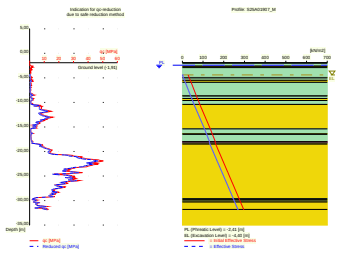
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
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

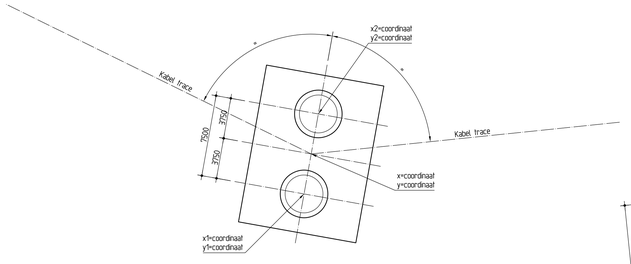
CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1272,48	5301,09	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1249,05	4377,84	45,69	0,00

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

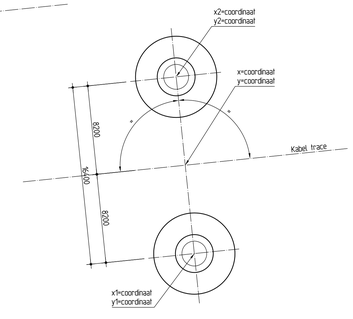
End of Report

Situatie
schaal 1:10000

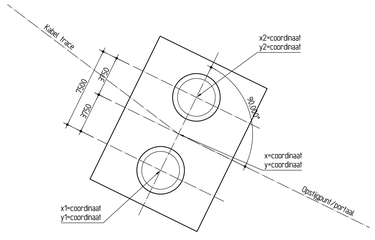
Locatie	Masttype	Type fundatie
1.	W2E350+5	R38.5N
2.	W2H550+5	R33.7N
3.	W2H400	R33.7N
4.	W2S400+5	C14.7N
5.	W2E400	R38.5B
6.	W2E350+5	R38.5B
7.	W2H400+5	R38.5N
8.	W2H400+5	R38.5N
9.	W2S400+5	C14.7N
10.	W2S400+5	C14.7N
11.	W2S400+5	C14.7N
12.	W2S350+17	C14.7N
13.	W2S400+5	C14.7N
14.	W2S400+5	C14.7B
15.	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.	W2H550	R30.1B
21.	W2S350+5	C11.5B
22.	W2S350+5	C11.5N
23.	W2S350+5	C11.5N
24.	W2S350+5	C11.5N
25.	W2H550+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)	107281,376	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	108479,724	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 Funderingspoer type R30.1
T-V0-KW-V-003 Funderingspoer type R33.7
T-V0-KW-V-004 Funderingspoer type R38.5
T-V0-KW-V-005 Funderingspoer tpye C9.0
T-V0-KW-V-006 Funderingspoer type C11.5
T-V0-KW-V-007 Funderingspoer 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 KJ Nijkerk 2260 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

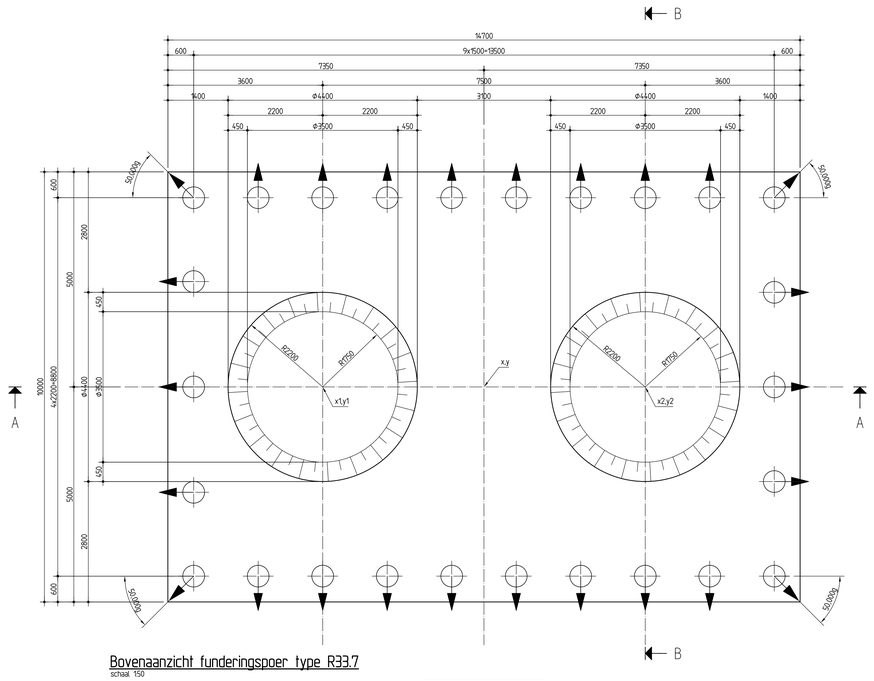
tennet
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek I www.breijn.nl
Graafsebaan 67 Postbus 37 T +31 (0)73 543 64 01
5248 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 02

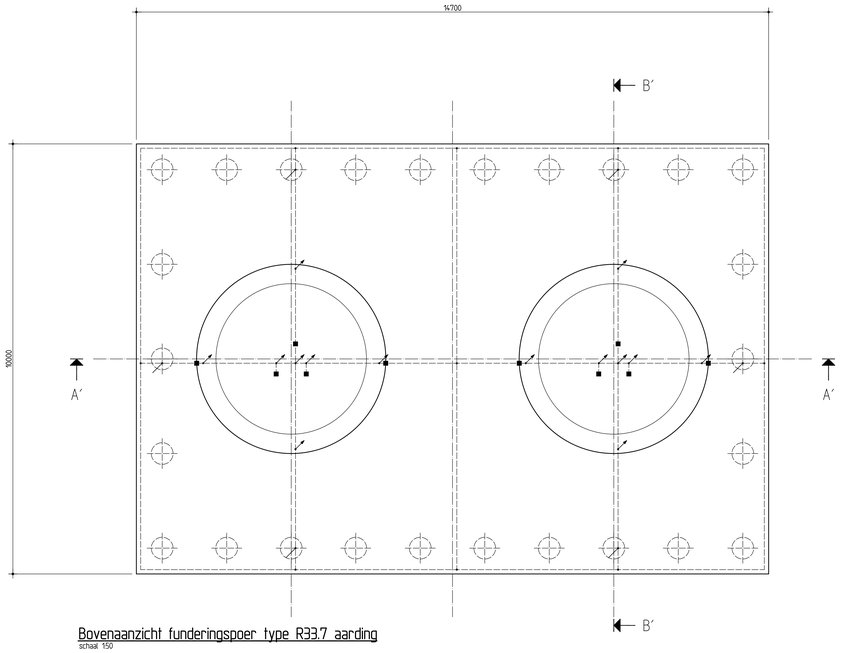
Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Tekeningnummer: T-V0-KW-0-001
Revisie: 1.1

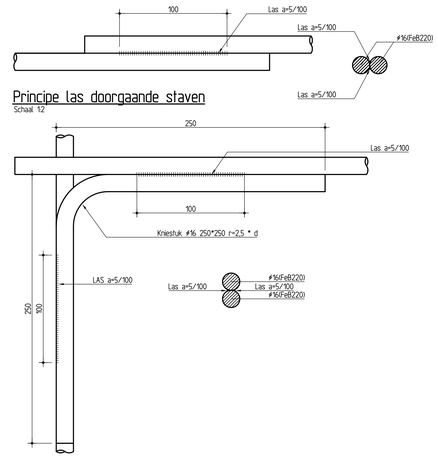
Bestandslocatie:C:\Users\mkle\Desktop\Tennet\T-V0-KW-0-001-11.dwg



Bovenaanzicht funderingspoer type R33.7
schaal 1:50

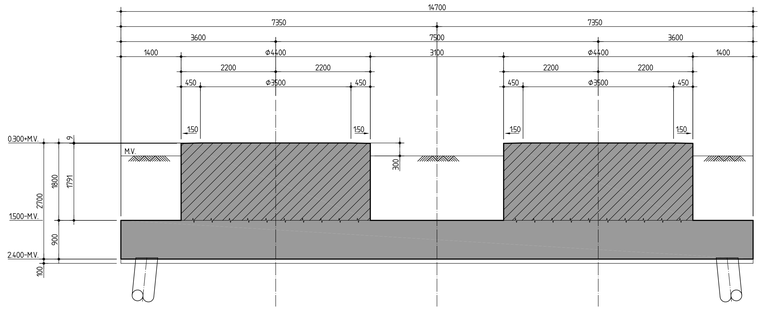


Bovenaanzicht funderingspoer type R33.7 aarding
schaal 1:50

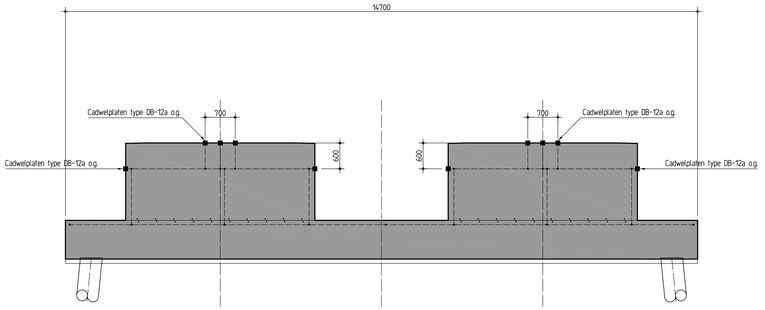


Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2

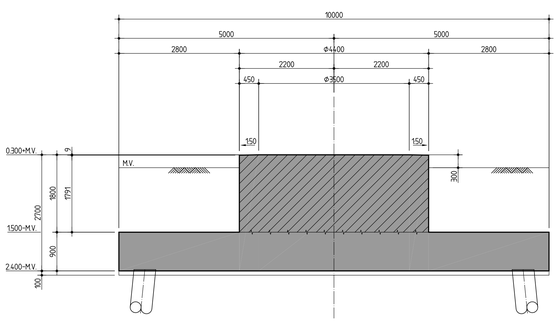
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



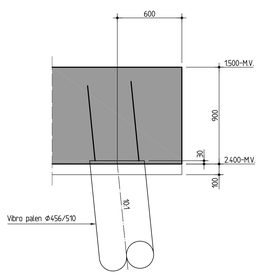
Doorsnede A-A
schaal 1:50



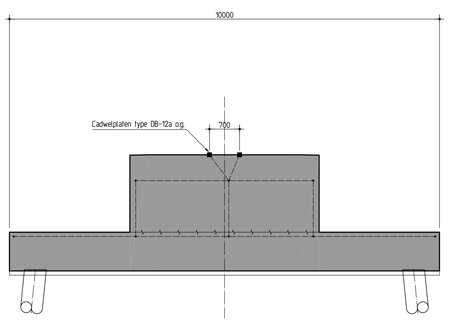
Doorsnede A´-A´
schaal 1:50



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 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 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
Nijverheidstraat 36 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 66
3861 RJ Nijkerk 2260 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

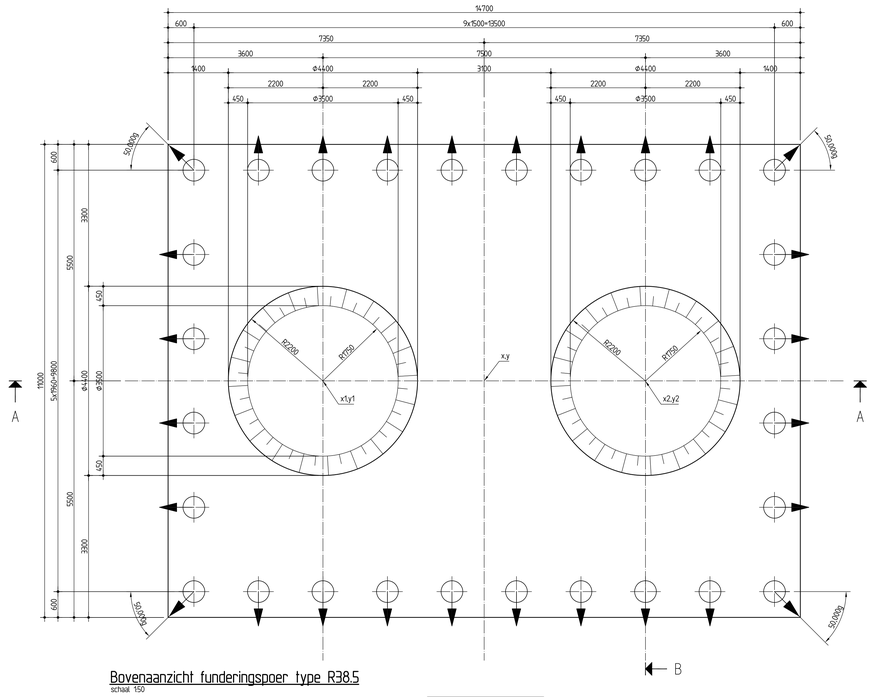
TENNET
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek www.breijn.nl
Graafsebaan 67 Postbus 37 T +31 (0)73 543 64 00
5248 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 01

Besteknummer:	
Projectnummer:	2410010
Schaal:	zie tekening
Formaat:	A1
Tekeningnummer:	T-V0-KW-V-003
Revisie:	1.0

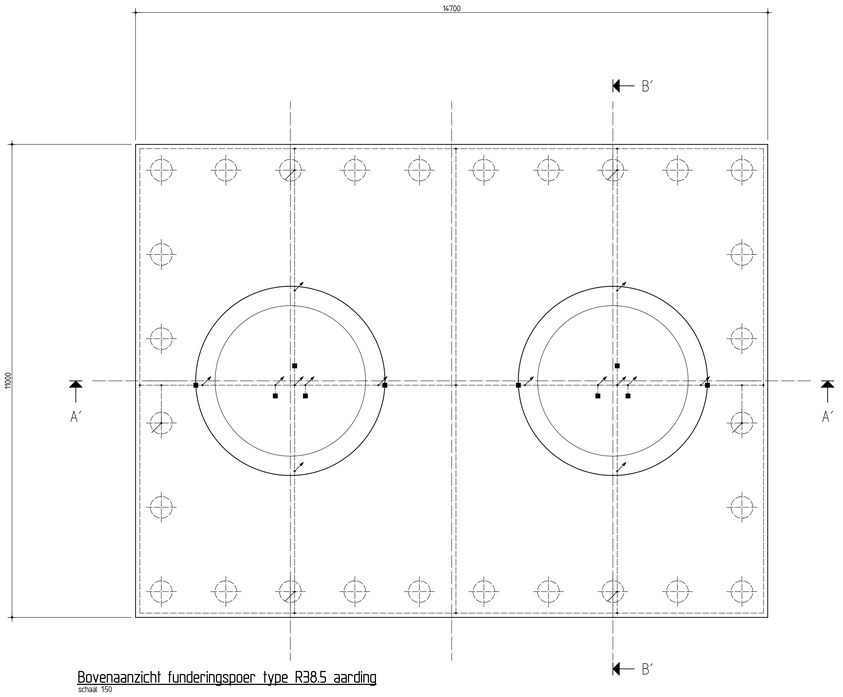
Fundatie Windtrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R33.7

Bestandsnaam: T:\Projecten\2410010 Windtrack\Tekeningen\T-V0-KW-V-003.dwg

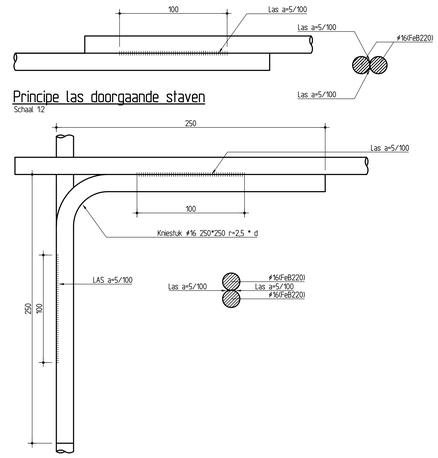


Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5
schaal 1:50

Vibropalen Φ456/510
schoorstand 10:1
lengte n.t.b.
aantal: 28 stuks

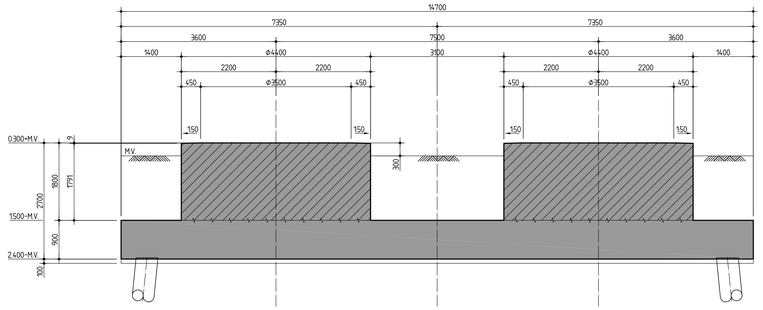


Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5 aarding
schaal 1:50

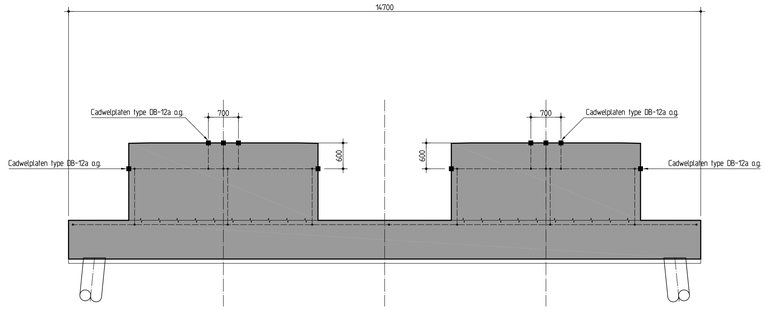


Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2

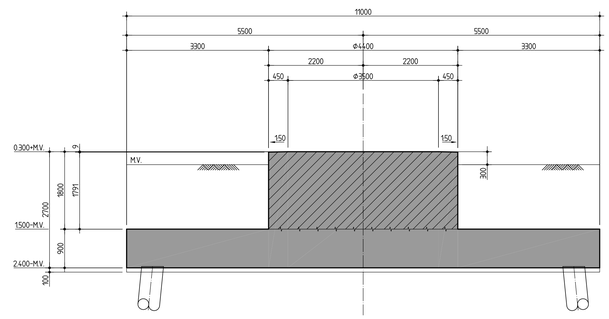
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



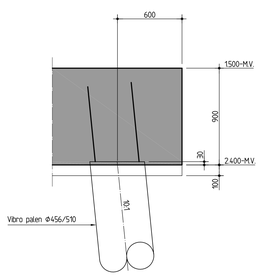
Doorsnede A-A
schaal 1:50



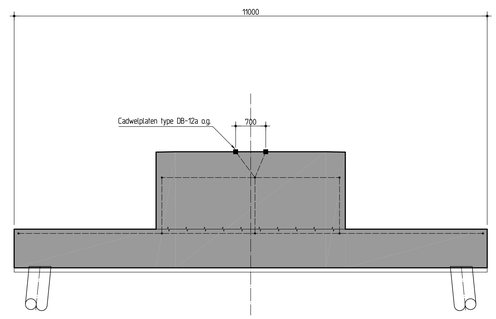
Doorsnede A'-A'
schaal 1:50



Doorsnede B-B
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hooglematen 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-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

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
Nijverheidsstraat 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

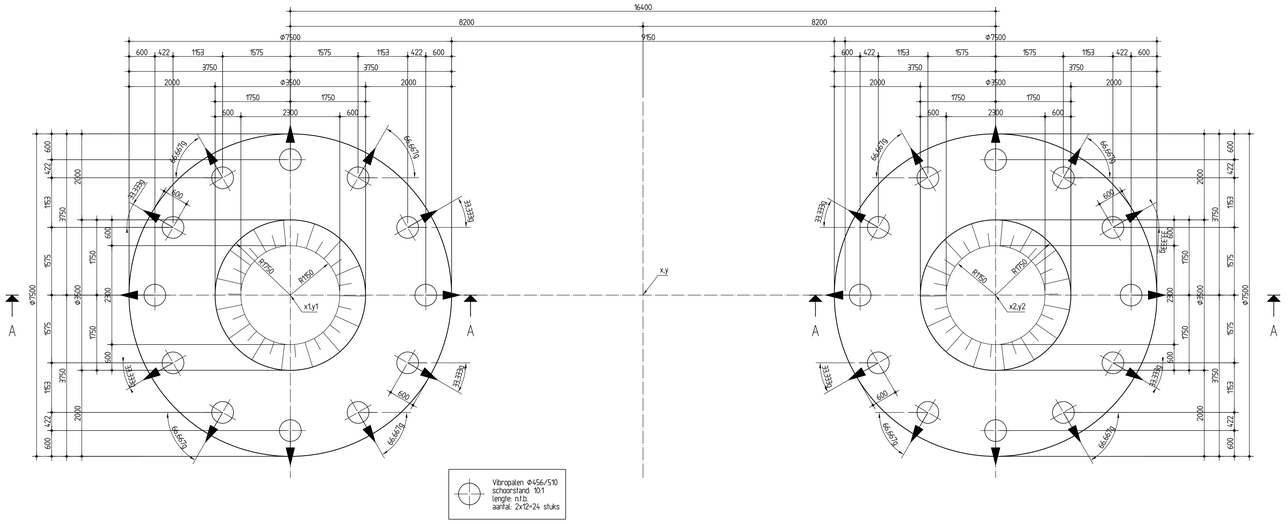
breijn
Constructie & Geotechniek
Graafsebaan 63 5248 JT Rosmalen
Postbus 37 5240 AA Rosmalen
www.breijn.nl
T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

Besteknummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

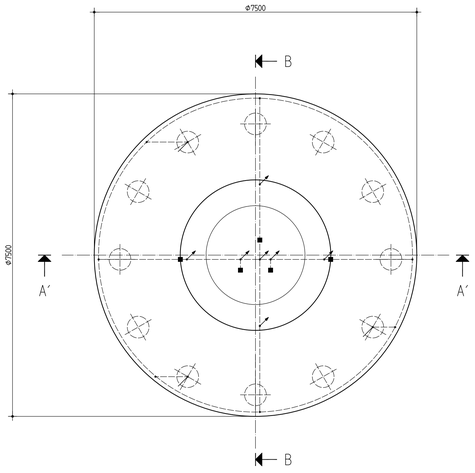
Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R38.5

Tekeningnummer: T-V0-KW-V-004
Revisie: 1.0

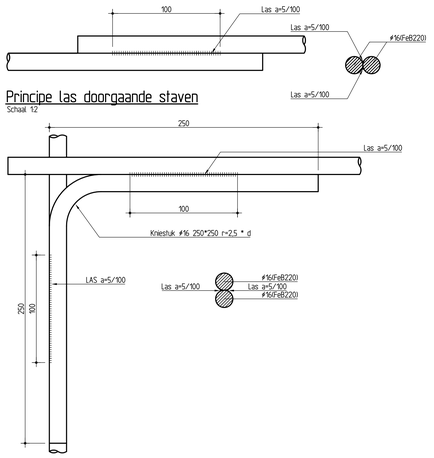
Bestandsnaam: C:\Users\mkoo\Desktop\Tennet\T-V0-KW-V-004-1.0.dwg

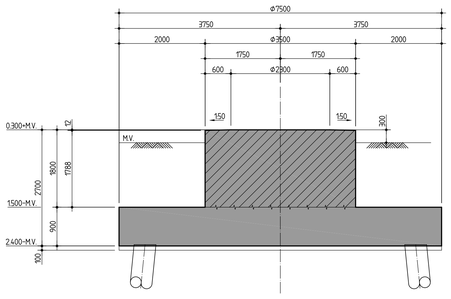


Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7
schaal 150

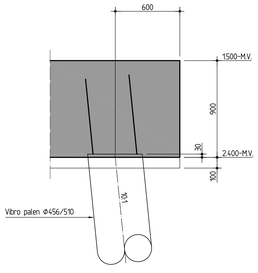


Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7 aarding
schaal 150

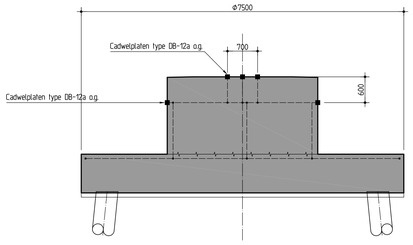




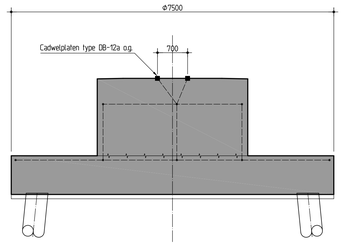
Doorsnede A-A
schaal 150



Detail Paalkop
schaal 120



Doorsnede A-A
schaal 150



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 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-VO-KW-0-001 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
Nevenhedstraat 38 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 66
3861 RJ Nijkerk 2860 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
Graafseljan 67 Postbus 77 T +31 (0)73 543 64 00
5245 ST Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 01

Bestelnummer:	
Projectnummer:	2410010
Schaal:	zie tekening
Formaat:	A1
Tekeningnummer:	T-VO-KW-V-007
Revisie	1.0

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type C14.7

Bestandsnaam: C:\Users\mike.kwakkel\Desktop\T-VO-KW-V-007.dwg

TenneT
Taking power further

Bijlage 2.3

GB-OMGV lijn

Constructietekeningen en berekeningen opstijgpunt

Visser & Smit Hanab

TenneT TSO B.v.
Afdeling Transport en Infra
De heer C. Jorink
Postbus 718
6800 AS ARNHEM

26 JULI 2012

aan J. O.R.I.H.A.
cc
zaak 10 L
registratie nummer

12015480

Visser & Smit Hanab bv
Bezoekadres
Rietgorsweg 6
3356 LJ Papendrecht
Correspondentieadres
Postbus 305
3350 AH Papendrecht
Telefoon
+31 (0)78 641 72 22
Telefax
+31 (0)786155163
E mell
inro@vshanab.nl
Internet
www.vshanab.nl

Uw kenmerk	Project Randstad380kV -tracé Noordring
Ons kenmerk	M8T/mstIM21 01 00/20120725
Betreft	Bevestiging Eurocodes en TBG

Papendrecht, 25 juli 2012

Geachte heer Jorink,

Naar aanleiding van het toetsen van Eurocodes en Technische Grondslagen Bouwbesluit bevestigen wij hierbij de gelijkwaardigheid betreffende de berekeningen van de opstijgpunten.

De berekening voor de opstijgpunten zijn gemaakt in 2012 en destijds golden de Nederlandse normen NEN 6700, NEN 6702 en de Technische Grondslagen Bouwbesluit, respectievelijk NEN 6770, NEN 6771 en NEN 6772.

Bij vergelijking met de formules van de Eurocode met die van bovengenoemde Nederlandse normen kunnen wij bevestigen dat de rekenwijze identiek is, maar de beschrijving van de Eurocodes in vergelijking met de beschrijving van de genoemde NEN normen anders is. De uitkomsten zijn echter identiek.

Vertrouwende u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben.

Hoogachtend,
Visser & Smit Hanab bv

M. Sterk
Projctleider

Handelsregister Rotterdam
23040970
ABN-AMRO Bank
44.3566.666

FUNDERINGSBEREKENING

OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE. NOORDZEEKANAAL VELSEN

Opdrachtgever	D&C Engineering Staalindustrieweg 3 2952 AT Alblasserdam
Opdrachtnummer	31107
Documentnummer	31107.03
Revisie	4
Status	GEWIJZIGD / TER GOEDKEURING
Goedgekeurd Terracon	.
Datum uitgifte	14 december 2011
Auteur	ir. I.A. Rijnberg / ing. S. Doornbos (hoofd bedrijfsbureau) (directeur)

Dit document is confidentieel. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, door middel van elektronische dataverwerking of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Colijn Bedrijvengroep. Dit document wordt op naam uitgegeven. De houder is verplicht dit document binnen vijf (5) werkdagen aan de Colijn Bedrijvengroep te retourneren, indien hij/zij hierom (schriftelijk) wordt verzocht. Alle onze engineerings- en adviesopdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig "De Nieuwe Regeling 2005" (DNR 2005) aangaande de rechtsverhouding opdrachtgever - architect, ingenieur en adviseur, met alle daarop betrekking hebbende wijzigingen en aanvullingen, uitgegeven door de BNA te Amsterdam en de ONRI te Den Haag.

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : **OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN**	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Pagina : 1 van 12**

Inhoud

1 ALGEMEEN 2
2 GEGEVENS 2
2.1 Grondgegevens 2
2.2 Paalbelastingen 2
2.3 Paalgegevens 3
2.4 Materiaalgegevens 6
3. CONSTRUCTIEF ONTWERP 7
3.1 Algemeen 7
3.2 Momenten 7
3.3 Resultaten 8
4 GEOTECHNISCHE BEREKENINGEN 10
4.1 Normen en voorschriften 10
4.2 Paaldraagvermogen 10
5 HANDTEKENING: 12
Bijlage 1: Tekeningen D&C 13
Bijlage 2: Maatgevende sonderingen 14
Bijlage 3: Berekening wapening 15
Bijlage 4: geotechnische draagkracht berekening 16

1 ALGEMEEN

Het project omvat het ontwerpen, berekenen en tekenen van de fundamenten ten behoeve van 380 kV opstijgpunten aan de Noord- en Zuidzijde van het Noordzeekanaal te Velsen. Onderwerp van dit document is het ontwerp van de funderingspalen voor de Overspanningsafleider (OSA), Eindsluiting, Spanningstrafo en afspanmasten .

Te leveren berekeningen

De door u gevraagde en door ons te verzorgen en te verstrekken adviezen omvatten:

- toe te passen palen met staal- en betonkwaliteit, wapening, e.d.
- paallengtes en bijbehorende inheidieptes
- wapeningsberekening

2 GEGEVENS

2.1 Grondgegevens

Geotechnisch onderzoek is beschikbaar gesteld in de Tenderfase en bestond onder andere uit een aantal sonderingen in de nabije omgeving van de Opstijgpunten.
Voor het opstijgstation aan de zuidzijde werd aanvankelijk Mos Grondmechanica sondering 7CFI als maatgevend aangenomen en voor de noordzijde Inpijn Blokpoel sondering DKM02. zie ook bijlage 2 van de eerdere revisie 1 van dit rapport (24 maart 2011)

Inmiddels zijn ook de definitieve gegevens van 30 sonderingen aangeleverd, die verwerkt zijn in dit rapport. Deze aanvullende sondeergegevens zijn weergegeven in het rapport "*Geotechnisch onderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding te Velsen"* nummer R0013310-RH_3 van 5 juni 2011 van Mos Grondmechanica.
Deze gegevens werden ons 11 oktober 2011 ter beschikking gesteld.

2.2 Paalbelastingen

De berekeningen van de ankerbelastingen zijn door D&C Engineering uitgevoerd:

Rapporten:
[1] Ondersteuning eindsluitingen; berekeningnr B11002; rev. A; d.d. 25-10-2011
[2] Ondersteuning OSA; berekeningnr B11003; rev. A; d.d. 25-10-2011
[3] Ondersteuning spanningstrafo;berekeningnr B11004; rev. A; d.d. 25-10-2011

en opgegeven door Tennet:
[4] berekening mast h15 top200 rev. 0
[5] berekening mast h7,5 top200 rev. 0

De rekenbelastingen per paal zijn gegeven in tabel 1.

Tabel 1: Paalbelastingen

Fundering	$F_{s;d;max}$	$F_{s;d;min}$	$V_{s;d}$	M_{tot}	**Helling stijl**
OSA	-3,3 kN	0 kN	6,3 kN	32,1 kNm	Te lood
Spanningstrafo	-4.5 kN	0 kN	6,8 kN	36,3 kNm	Te lood
Eindsluiting	-18.8 kN	0 kN	8,7 kN	57,4 kNm	Te lood
Afspanmast 7,50 m	-192 kN	134 kN	9 kN		Te lood
Afspanmast 15,0 m	-451 kN	288 kN	13 kN		Te lood
Veldhuisje	-127 kN	-91 kN			Te lood

2.3 Paalgegevens

OSA

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 324/375 mm**
Paalschacht	:	Ø 324 mm
Paalpunt	:	Ø 375 mm
A'_b	:	82.448 mm²
A'_{punt}	:	110.447 mm²
Paalwapening (A'_a> 0,3% A'_b)	:	8 Ø 16 mm – doorgaand
A'_a	:	1.609 mm² > 247 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	≤ 300 mm

Eindafsluiting

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 457/520 mm**
Paalschacht	:	Ø 457 mm
Paalpunt	:	Ø 520 mm
A'_b	:	164.030 mm²
A'_{punt}	:	212.372 mm²
Paalwapening (A'_a> 0,3% A'_b)	:	8 Ø 16 mm – doorgaand
A'_a	:	1.609 mm² > 492 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	≤ 300 mm

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : **OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN**	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Pagina : 4 van 12**

Spanningstrafo

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 324/375 mm**
Paalschacht	:	Ø 324 mm
Paalpunt	:	Ø 375 mm
A'_b	:	82.448 mm²
A'_{punt}	:	110.447 mm²
Paalwapening	:	7 Ø 16 mm – doorgaand
A'_a (A'_a> 0,3% A'_b)	:	1.407 mm² > 247 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	≤ 300 mm

Afspanmast 7,50m

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 324/375 mm**
Paalschacht	:	Ø 324 mm
Paalpunt	:	Ø 375 mm
A'_b	:	82.448 mm²
A'_{punt}	:	110.447 mm²
Paalwapening	:	5 Ø 12 mm – doorgaand
A'_a (A'_a> 0,3% A'_b)	:	565 mm² > 247 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	≤ 300 mm

Afspanmast 15,0m

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 324/375 mm**
Paalschacht	:	Ø 324 mm
Paalpunt	:	Ø 375 mm
A'_b	:	82.448 mm²
A'_{punt}	:	110.447 mm²
Paalwapening	:	8 Ø 16 mm – doorgaand
A'_a (A'_a> 0,3% A'_b)	:	1.608 mm² > 247 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	≤ 300 mm

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : **OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN**	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Pagina : 5 van 12**

Veldhuisje

Paalsysteem	:	Vibro, geheid, grondverdringend, in de grond gevormd
Paalafmetingen	:	**Ø 324/375 mm**
Paalschacht	:	Ø 324 mm
Paalpunt	:	Ø 375 mm
A'_b	:	82.448 mm²
A'_{punt}	:	110.447 mm²
Paalwapening	:	5Ø 12 mm – doorgaand
A'_a (A'_a> 0,3% A'_b)	:	565 mm² > 247 mm²: √
Beugels	:	Ø 8 mm
h.o.h. / spoed	:	$\leq$ 300 mm

2.4 Materiaalgegevens

Staalkwaliteit wapening : FeB 500 hwl $f_{s;rep}$ = 500 N/mm²
f_s = 500 /1,15 = 435 N/mm²
E'a = Ea = 200.000 N/mm²

Betonkwaliteit : C28/35 f'_{ck} = 35 N/mm²
$f'_{b;rep}$ = 0,72 x f'_{ck}
= 0,72 x 35 = 25,2 N/mm²
f'_b = $f'_{b;rep}/\gamma_m$
= 25,2/1,2= 21,0 N/mm²
E'_b = 31.000 N/mm²

3. CONSTRUCTIEF ONTWERP

3.1 Algemeen

De wapening wordt berekend met behulp van het programma Kolomwapening V2 van Technosoft.

De toetsing van de wapening wordt voor de UGT uitgevoerd conform de VBC (NEN 6720).

De toetsing van de wapening wordt voor de UGT uitgevoerd conform de VBC (NEN 6720). Er wordt uitgegaan van de minimale totale excentriciteit van 10 mm (conform NEN 6720 art. 8.1.1.). Daarnaast geldt tevens $M_{d;tot} = M_d + 0{,}05.h.N'_d \quad \geq 0{,}1 \times h \times N'_d$

Voor de BGT vindt, indien er sprake is van (buig)trekspanningen groter dan 0,5 f_{bm} (zie artikel 5.3 van de NVN 6724), aansluitend handmatig een scheurwijdtecontrole plaats voor de paalkopwapening; er wordt uitgegaan van een verhouding UGT/BGT van 1,35.

3.2 Momenten

Voor de belastingcombinaties waarbij een horizontale belasting is opgegeven, wordt dit vertaald naar een kopmoment. Gelet op de aangetroffen conusweerstanden van de aanwezige toplaag kan hier voor de horizontale beddingconstante volgens NVN6724 (aangehouden is tabel 6, met $E'_b = 20.000$ N/mm^2) worden uitgegaan van:

$k_h.D = 3 \times q_c = 3 \times 0.33 = 1$ N/mm²

De buigende momenten voor een niet ingeklemde paalkop bedragen dan in het uiterste geval:

$\Rightarrow \quad M = 2.6\ Q_h\ D$

3.3 Resultaten

Paal 324/375 - Spanningstrafo
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	4,5 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(druk)	=	0,0 kN	druk minimaal
$H'_{d;max}$		=	6,3 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	32.1 + 5,3 = 37,4 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 7Ø16 (doorgaand) voldoet met korf Ø 190 mm.
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 34/35, 01 febr. 2011)

Paal 324/375 - OSA
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	3,5 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(druk)	=	0,0 kN	druk minimaal
$H'_{d;max}$		=	6,8 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	36,3 + 5,7 = 42 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 8Ø16 (doorgaand) voldoet met korf Ø 190 mm.
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 31/32, 01 febr. 2011)

Paal 457/520 - Eindafsluiting
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	18,8 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(druk)	=	0,0 kN	druk minimaal
$H'_{d;max}$		=	8,7 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	10,3 + 57,4 = 67.7 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 8Ø16 (doorgaand) voldoet met korf Ø 320 mm.
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 37/38, 01 febr. 2011)

Paal 324/375 – Afspanmast 7,50m
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	192 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(trek)	=	134 kN	trek belasting
$H'_{d;max}$		=	9 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	7,6 + 0 kNm = 7,6 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 5Ø12 mm (doorgaand) voldoet met korf Ø 190 mm.
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 101/102, 23 maart 2011)

Paal 324/375 – Afspanmast 15, 0m
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	451 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(trek)	=	288 kN	trek belasting
$H'_{d;max}$		=	13 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	0 + 11 kNm = 11 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 8Ø16 mm(doorgaand) voldoet met korf Ø190 mm.
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 103/104, 14 december 2011)

Paal 324/375 – veldhuisje
De maatgevende belastingen bedragen:

$F'_{s;max;d}$	(druk)	=	127 kN	druk maximaal
$F'_{s;min;d}$	(druk)	=	91 kN	minimale druk belasting
$H'_{d;max}$		=	0 kN	horizontaal
$M_{d;max}$		=	0 kNm	kopmoment

Het blijkt dat de wapening 5Ø12 mm (doorgaand) voldoet met korf Ø 190 mm
(zie Technosoft-berekening TS/Kolomwapening blz. 105/106, 23 maart 2011)

4 GEOTECHNISCHE BEREKENINGEN

4.1 Normen en voorschriften

* Normen/Voorschriften :	NEN 3880 VB	1974/1984 (deel K)
	NEN 5950 VBT	1986
	NEN 6720 VBC	1990
	NVN 6724 VB	2001
	NEN-EN 12715	
	NEN 6770	
	NEN 6743	Paaldraagvermogen op druk
	CUR 2001-4	Paaldraagvermogen op trek

4.2 Paaldraagvermogen

Het grondmechanische paaldraagvermogen kan voor druk worden berekend aan de hand van de NEN 6743.

$$F_{r;max;d} = (\xi / (\gamma_{mb4}) \times (O_{paal} \times \alpha_s \times \Delta L \times q_{c;gem} + A_{puntl} \times \beta \times s \times \alpha_p \times q_{c;punt})$$

En voor (alleenstaande) trekpalen volgens CUR 2001-4:

$$F_{r;trek;d} = \xi . ((q_{c;gem} . \Delta l . \alpha_t . O_p) / (\gamma_{m;b} . \gamma_{m;var}))$$

Met:

		Beschrijving	huidige geval
ξ	:	correctiefactoren afh. van aantal palen en sonderingen	0,72
γ_{mb4}	:	partiële veiligheidsfactor druk	1,2
γ_{mb4}	:	partiële veiligheidsfactor trek	1,4
γ_{var}	:	partiële veiligheidsfactor variabele trek/druk belasting	1,5
α_s	:	schachtwrijvingsfactor op druk	0,014 voor vibropalen
α_t		schachtwrijvingsfactor op trek	0,012 voor vibropalen
β, s	:	correctiefactoren voor de puntvorm	beide 1,0
α_p	:	correctiefactoren voor de punt ()	1,0

De negatieve kleef is aanvankelijk (rev. 1) niet meegenomen in de draagkrachtbepaling.

Deze aanname lijkt voor de sonderingen 51 t/m 56 t.p.v. het opstijgpunt nabij mast 5 gerechtvaardigd aangezien de minder vaste lagen vanaf maaiveld tot ca. 16.00 m – N.A.P. op basis van het wrijvingsgetal (ca. 2%) niet geclassificeerd worden als samendrukbare kleilagen, maar als los gepakte zandlagen met dunne klei-insluitingen (zgn. wadafzettingen) of eventueel als los gepakte silthoudende en mogelijk kleihoudende zandlagen.

Voor de sonderingen 61 t/m 66 t.p.v. het opstijgpunt nabij mast 6 is dit niet of minder het geval en kunnen de minder vaste lagen vanaf maaiveld tot ca. 8.00 m – N.A.P. op basis van het wrijvingsgetal (ca. 4%) duidelijk geclassificeerd worden als samendrukbare kleilagen, zodat hiervoor wel de negatieve kleef in rekening gebracht dient te worden.

Voor de opstijgpunten is gekozen de palen in de eerste zandlaag te zetten waarbij de constructieve wapeningsberekening maatgevend is voor de schacht en punt dimensies.
Een overzicht van de draagvermogens versus belastingen is gegeven in tabel 2.
Hieruit blijkt dat de palen ruim voldoen op draagkracht. Gedetailleerde berekeningen zijn gegeven in bijlage 3. Voor de paalpuntniveaus is uitgegaan van praktische niveaus, waarbij de geotechnische draagkracht meer dan ruimschoots voldoet aan de optredende belasting.

Tabel 2: Fundering

Type	Type	p.p.n.	Lengte paal *	$F_{r;d}$	Helling
Opstijgpunt noordzijde nabij mast 5 sonderingen 51, 52, 53, 54, 55 en 56					
OSA	V Ø324/375 mm	-17,50 m NAP	15,5 m	>> 5 kN	Te lood
Eindafsluiting	**V Ø457/520 mm**	-17,50 m NAP	15,5 m	>> 20 kN	Te lood
Spanningstrafo	V Ø324/375 mm	-17,50 m NAP	15,5 m	>> 5 kN	Te lood
Afspanmast 7,50m	V Ø324/375 mm	-18,50 m NAP	16,5 m	> 192 kN	Te lood
Afspanmast 15,0m	V Ø324/375 mm	-19,50 m NAP	17,5 m	> 450 kN	Te lood
Veldhuisje	V Ø324/375 mm	-18,50 m NAP	16,5 m	> 127 kN	Te lood
Opstijgpunt zuidzijde nabij mast 6 sonderingen 61, 62, 63, 64, 65 en 66					
OSA	V Ø324/375 mm	-12,50 m NAP	11,0 m	>> 5 kN	Te lood
Eindafsluiting	**V Ø457/520 mm**	-12,50 m NAP	11,0 m	>> 20 kN	Te lood
Spanningstrafo	V Ø324/375 mm	-12,50 m NAP	11,0 m	>> 5 kN	Te lood
Afspanmast 7,50m	V Ø324/375 mm	-14,50 m NAP	13.0 m	> 192 kN	Te lood
Afspanmast 15,0m	V Ø324/375 mm	-19,50 m NAP	18,0 m	> 450 kN	Te lood
Veldhuisje	V Ø324/375 mm	-14,50 m NAP	13,0 m	> 127 kN	Te lood

V = Vibropaal
* Aangenomen maaiveld noordzijde = maaiveldhoogte sonderingen = ca. 2,00 m – N.A.P.
* Aangenomen maaiveld zuidzijde = maaiveldhoogte sonderingen = ca. 1,50 m – N.A.P.

Titel	**OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL,VELSEN**	**Nummer : 31107.03**
		Datum : 14·12·2011
Revisie : 4		**Pagina : 12 van 12**

5 HANDTEKENING:

Werkendam, 14 december 2011
Terracon Funderingstechniek BV.

(oorspronkelijke) berekening opgesteld door: ir. I.A. Rijnberg

i.o.

collegiale toets volgens 180-9001: ing. S. Doornbos

controle en goedkeuring constructeur:

datum: .

controle en goedkeuring Bouwen Woningtoezicht:

datum: .

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Bijlagen**

Bijlage 1: Tekeningen D&C

Totaal Overzicht
Schaal 1:2000

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–101

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
D	23–04–2013	Rv/dW	Veldhuisjes verplaatst en hekwerk rondom velduisjes en masten toegevoegd.
C	16–11–2011	Rv/dW	Draairichting hoofdpoorten gewijzigd.
B	19–10–2011	Rv/dW	Naamsaanduidingen opstijgpunten gewijzigd
A	16–06–2011	Rv/dW	Loop poorten toegevoegd en fundaties aangepast
0	14–01–2011	A.Hei	First Issue

				DRAWING	DRAWING TITLE
PARTSLIST					
STORELIST	W.P.		M.		
FULL SIZE SHEETS					

D & C engineering

P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Totaal overzicht OSP VZN & OSP VZZ

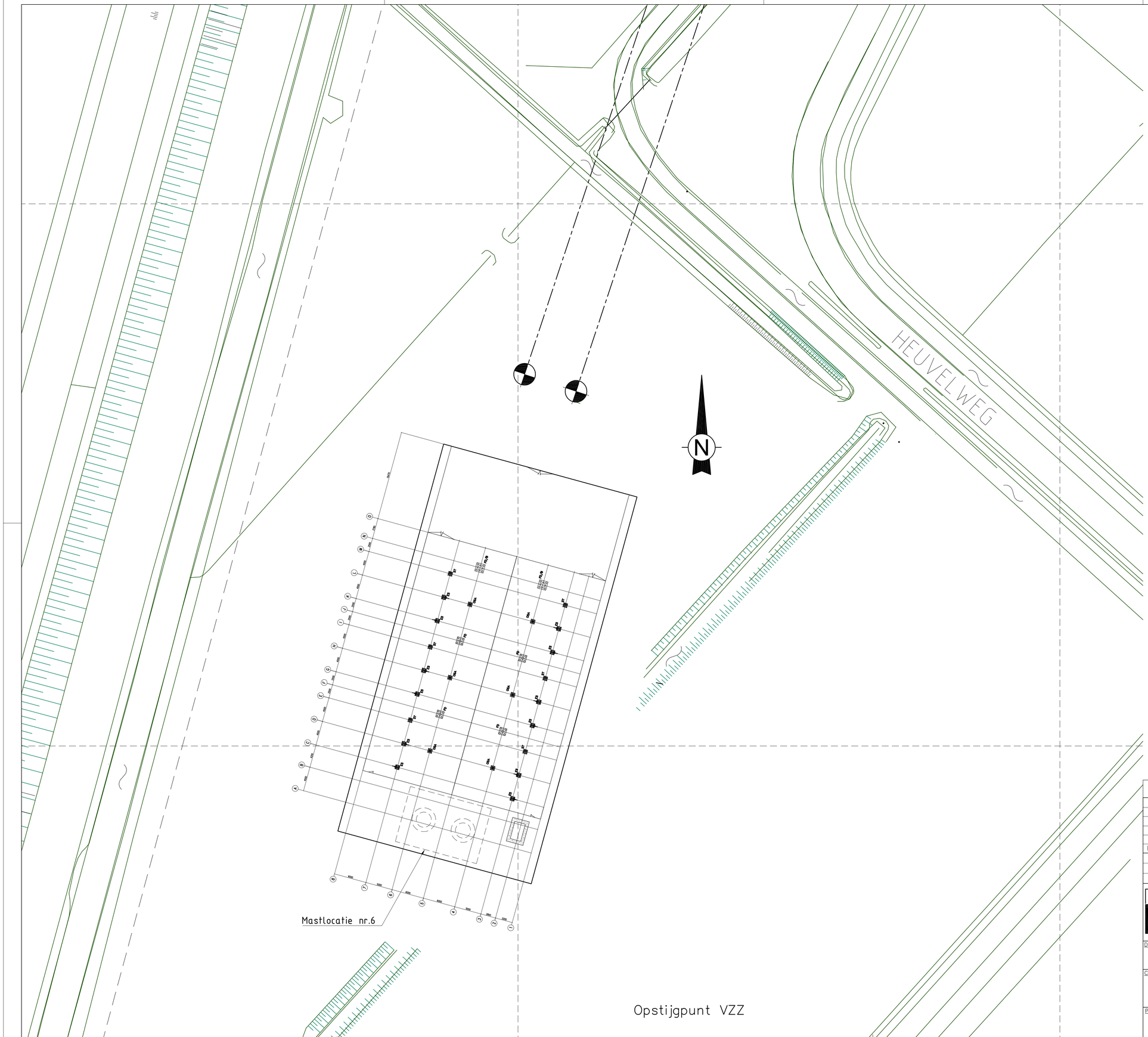
CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14–01–2011	A.Heinenberg	1:2000
CHK'D	15–01–2011	R v/d Wielen	
APP.	15–01–2011	P v Leeuwen	

DOSSIER:	DRWG.NO.:	REV.:
10.060	P10189–01	D

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



Tekeningen behorend bij Opstijgpunt VZZ	
P10189-11	Staaloverzicht + hekwerk - Locatie OSP VZZ
P10189-12	Aanzichten staal - Locatie OSP VZZ
P10189-13	Palenplan - Locatie OSP VZZ
P10189-14	Ankerplan - Locatie OSP VZZ
P10189-31	Staalconstructie eindsluiting (ES)
P10189-32	Staalconstructie overspanningsafleider (OSA)
P10189-33	Staalconstructie spanningstrafo (ST)
P10189-41	Fundatie ES/OSA/ST
P10189-42	Fundatie afspanmast 15,0 m - 750 - 200
P10189-43	Fundatie afspanmast 7,5 m - 400 - 200
P10189-44	Fundatie Veldhuisje

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-102

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
C	16-11-2011	Rv/dW	Draairichting hoofdpoorten gewijzigd.
B	20-10-2011	Rv/dW	Naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd
A	16-06-2011	Rv/dW	Loop poorten toegevoegd en fundaties aangepast
0	14-01-2011	A.Hei	First Issue

PARTSLIST		DRAWING	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P. M.		
FULL SIZE SHEETS			

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Overzicht Opstijgpunt VZZ

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

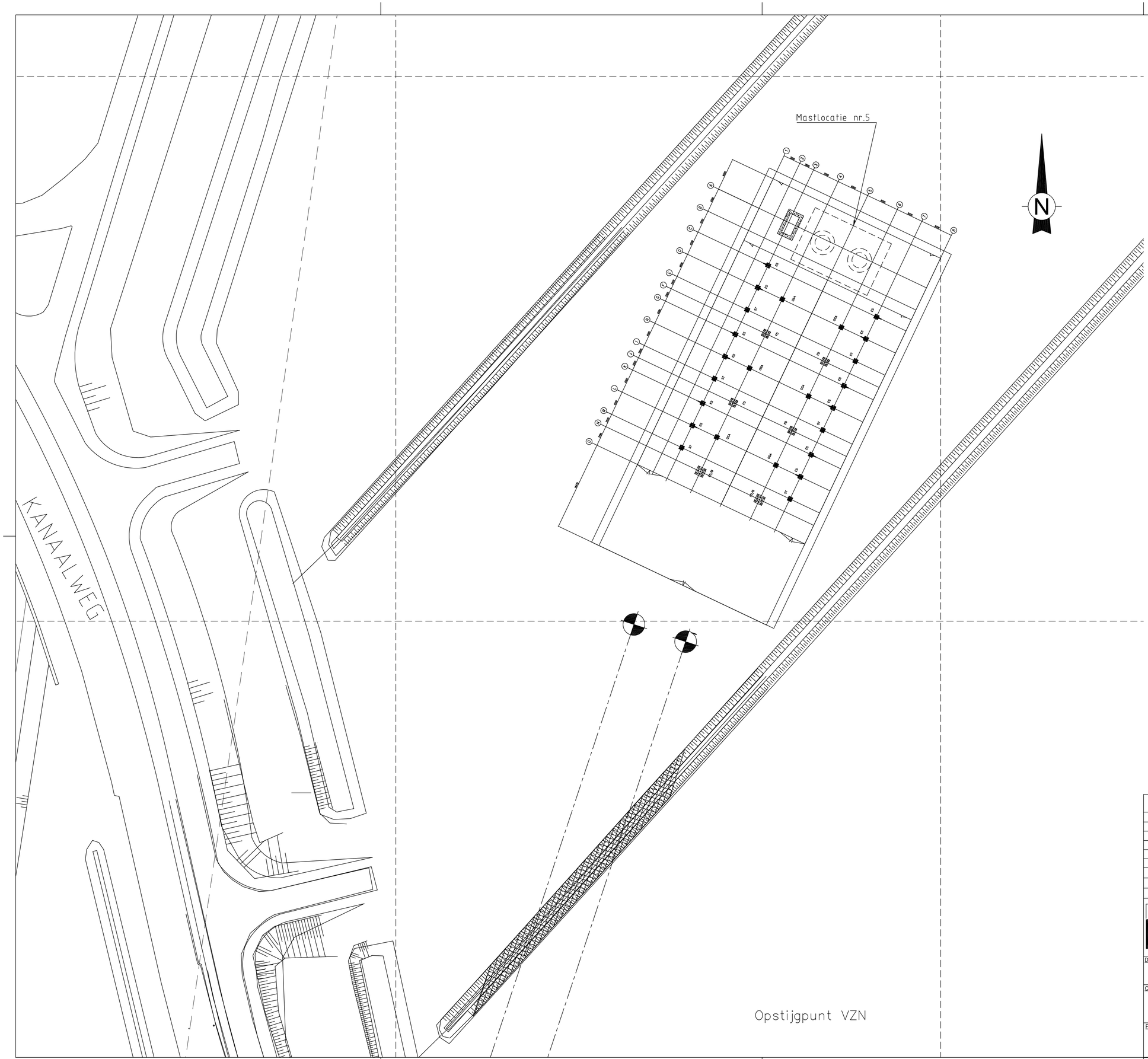
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:333
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

DOSSIER: 10.060 | DRWG.NO.: P10189-02 | REV.: C

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



Tekeningen behorend bij Opstijgpunt VZN	
P10189-21	Staaloverzicht + hekwerk - Locatie OSP VZN
P10189-22	Aanzichten staal - Locatie OSP VZN
P10189-23	Palenplan - Locatie OSP VZN
P10189-24	Ankerplan - Locatie OSP VZN
P10189-31	Staalconstructie eindsluiting (ES)
P10189-32	Staalconstructie overspanningsafleider (OSA)
P10189-33	Staalconstructie spanningstrafo (ST)
P10189-41	Fundatie ES/OSA/ST
P10189-42	Fundatie afspanmast 15,0 m - 750 - 200
P10189-43	Fundatie afspanmast 7,5 m - 400 - 200
P10189-44	Fundatie Veldhuisje

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-103

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
D	23-04-2013	Rv/dW	Veldhuisje verplaatst en hekwerk rondom velduisje en mast toegevoegd.
C	16-11-2011	Rv/dW	Draairichting hoofdpoorten gewijzigd.
B	20-10-2011	Rv/dW	Naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd
A	16-06-2011	Rv/dW	Loop poorten toegevoegd en fundaties aangepast
0	14-01-2011	A.Hei	First Issue

PARTSLIST		DRAWING	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P. M.		
FULL SIZE SHEETS			

D & C engineering

P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Overzicht Opstijgpunt VZN

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:333
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

DOSSIER:	DRWG.NO.:	REV.:
10.060	P10189-03	D

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Bijlagen**

Bijlage 2: Maatgevende sonderingen

MOS GRONDMECHANICA

Betreft	Geotechnisch onderzoek t.b.v. het project R3 SOkV Hoogspanningsverbinding te
Opdrachtgever	Tennet TSO B.v. T.a.v. Mevr. J. van Mourik Postbus 718 6S00 AS ARNHEM
Behandeld door	A. de Ronde (0105030200)
Kenmerk	R0013310-RH 3

MOS

1. ONDERZOEKSOPDRACHT

Ten behoeve van boven genoemd project hebben wij uw opdracht een grondonderzoek uitgevoerd. De opdracht omvatte de volgende werkzaamheden:

Bureau werkzaamheden waaronder klie-melding en interpretatie

18 locaties uitzetten en waterpassen tov RD en NAP ten behoeve van de masten 2,3,4,5, 19 en 24.

12 locaties uitzetten en waterpassen tov RD en NAP ten behoeve van opstijgpunten nabij de masten 5 en 6.

18 sonderingen tot een diepte van 35.0 m-mv inclusief meting van de plaatselijke wrijving

6 sonderingen tot een diepte van 35.0 m-mv inclusief meting van de plaatselijke wrijving en meting van waterspanning.

6 bolsonderingen tot een diepte van 15m -MV of tot een niveau waarbij de maximale druk wordt bereikt.

Het bepalen van de ongedraineerde schuifsterkte uit de resultaten van de bolsondering.

2. UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

Landmeten:

Voor de uitvoering van dit onderzoek heeft de opdrachtgever ons een tekening ter beschikking gesteld.

Aan de hand van de verstrekte tekening heeft Mos Grondmechanica een klie-melding gedaan. De onderzoekslocaties zijn met behulp van GPS-rtk apparatuur in het veld uitgezet en gewaterpast. De onderzoekslocaties zijn op tekening weergegeven, en in dit rapport opgenomen.

Sonderen

Van 22-03-2011 t/m 31-03-2011 zijn de sonderingen uitgevoerd. De sonderingen zijn met een sondeerunit met een drukcapaciteit van 200 kN uitgevoerd. Bij elke sondering is per 20 mm de tijd, de diepte, de conusweerstand (qc), de plaatselijke wrijving (f_s) en de heHing (i) gemeten en als data opgeslagen. Tevens is het berekende wrijvingsgetal gepresenteerd. De sonderingen zijn conform klasse 2 van de NEN 5140 uitgevoerd.

Het wrijvingsgetal geeft nader inzicht in de aanwezige grondsoorten. Voor de in Nederland meest voorkomende, normaal geconsolideerde, grondsoorten kunnen indicatief de volgende wrijvingsgetaUen worden aangehouden:

Zand: 0,5 % - 1,5 % Klei / Leem: 2% - 4% Veen: 8% - 10 %

2.1 Ongedraineerde schuifsterkte

Bij de uitwerking van de bolsonderingen (type BOL) is naast de conusweerstand (qc) tevens de berekende schuifsterkte ($Cu = qc / N_k$) weergegeven, bij een waarde van $N_k = 6.5$ en $N_k = 14$. De range van waarden van de conusfactor N_k is gebaseerd op de literatuur.

Deze werkrapportage is opgesteld door:

A. de Ronde (010 50 30 200)

Rhoon, 5 juni 2011

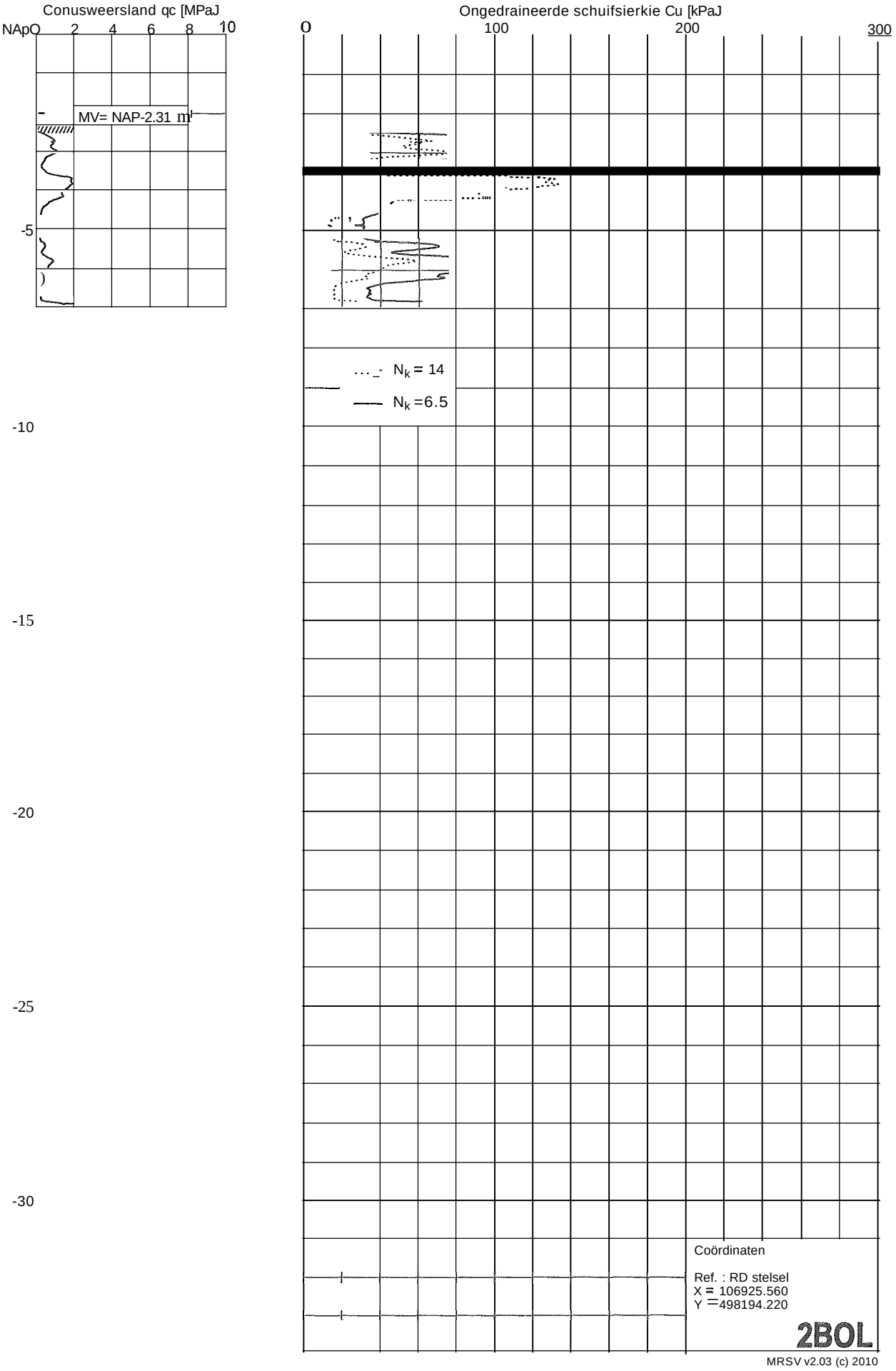
Mos Grondmechanica B.V.

Inhoud:

- **Sonderingen**
- **Coördinatenlijst**
- **Situatietekening**

Sondering 2BOl

Opdracht	0013310	Conus nummer: ClOOCFHP46	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	23-03-2011		Pagina : 1 van 1
Betreft	Masten		



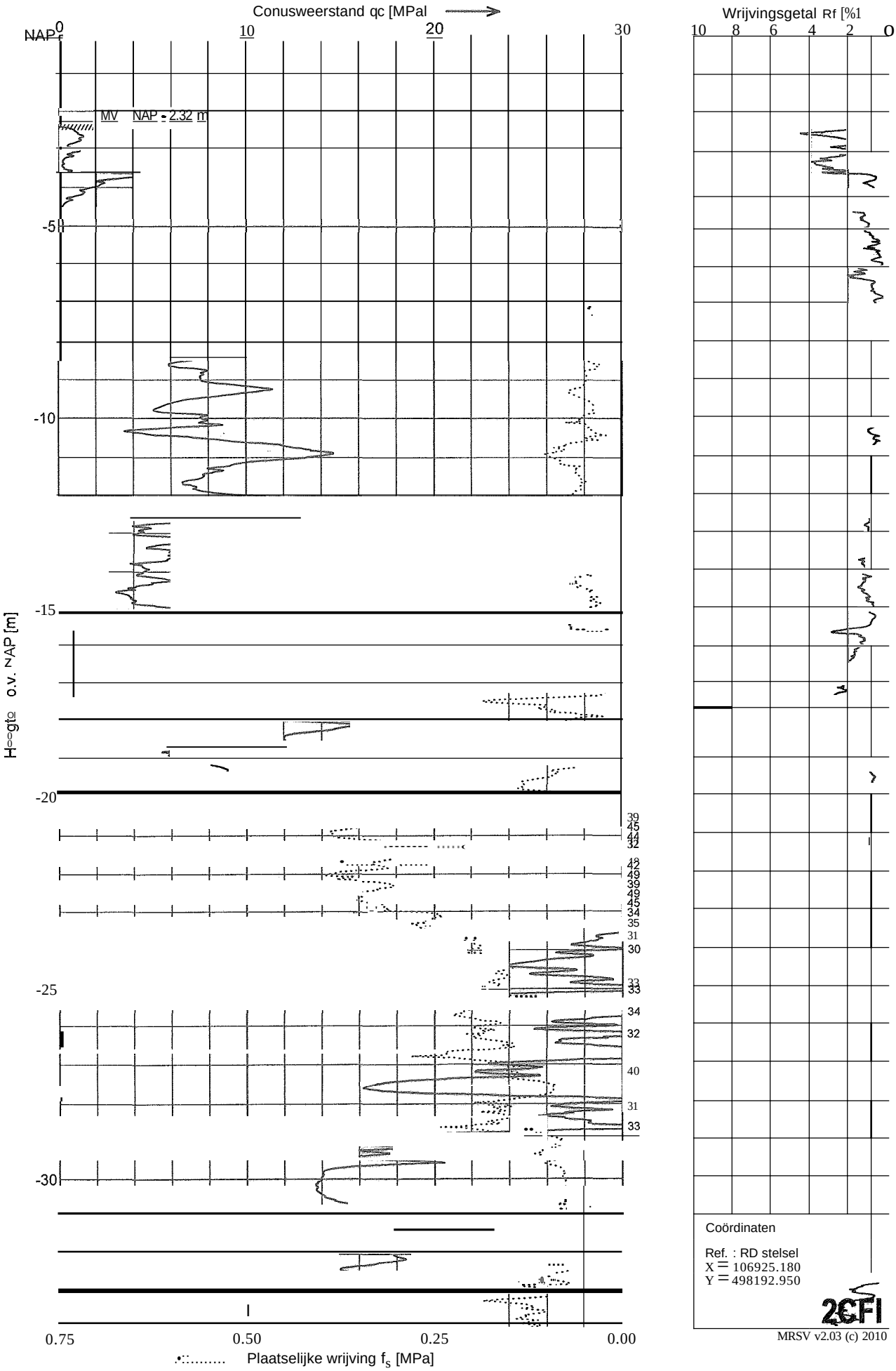
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

Postbus SDI, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 2CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCFII307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	23-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



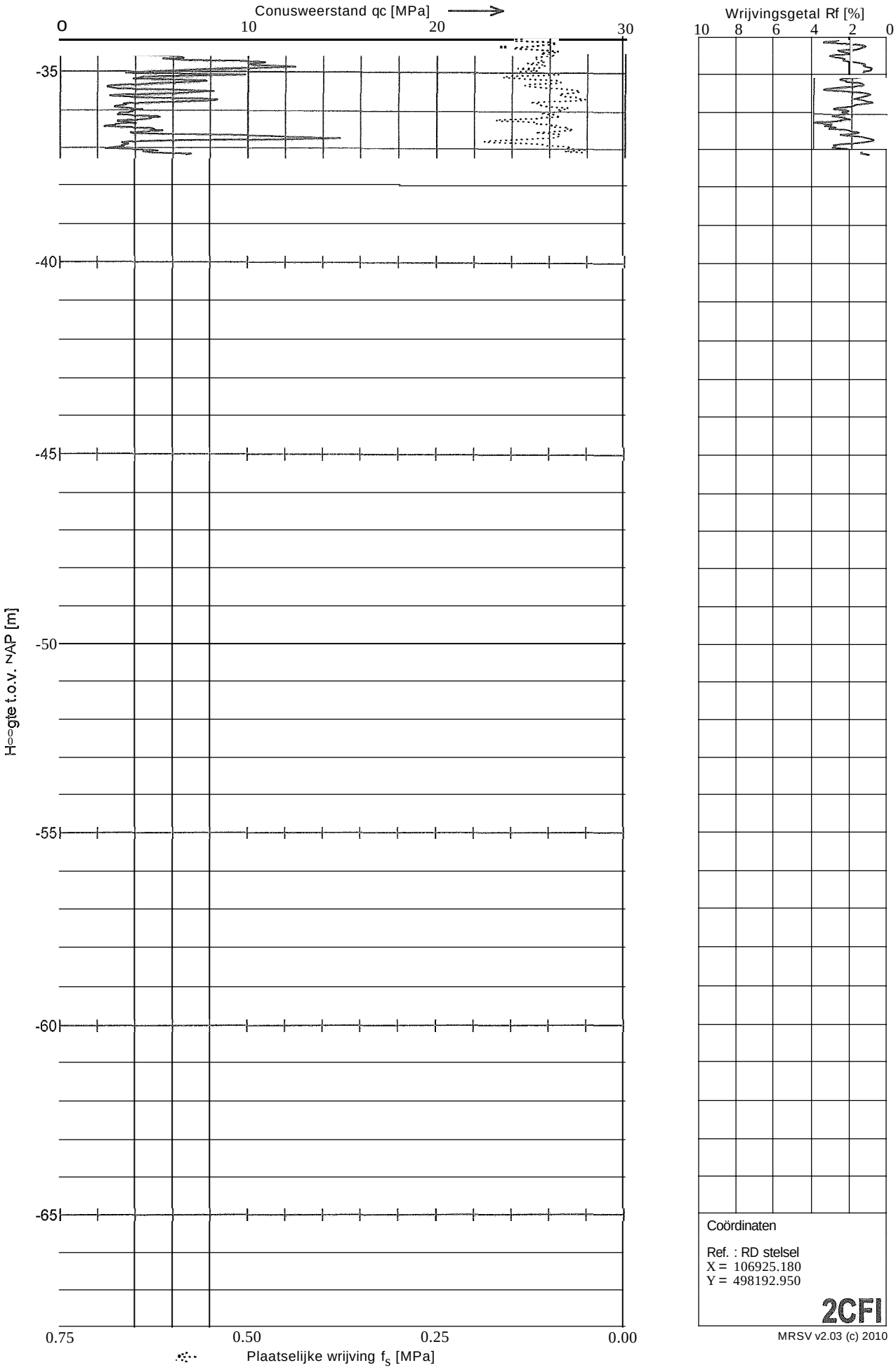
MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon OlO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 2CFI

Opdracht	0013310
Plaats	Beverwijk
Datum	23-03-201 J
Betreft	Masten

Conus nummer: SI OCFB307
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen: 5
Pagina : 2 van 2



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106925.180
Y = 498192.950

2CFI

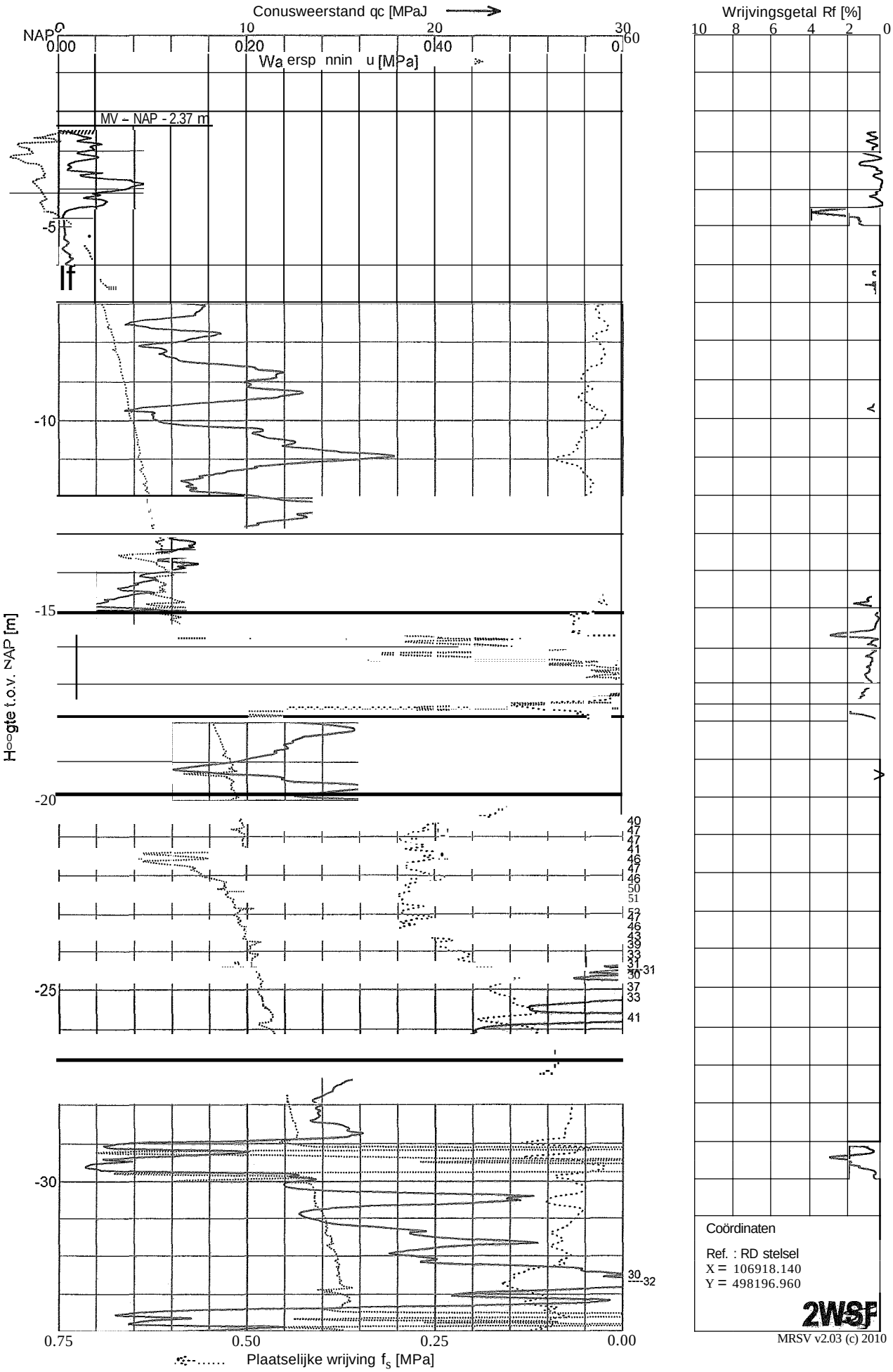
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 0IO 5030200 - Fax 0]05013656

Sondering 2WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: Cl OCFIP416	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	23-03-20 II		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106918.140
Y = 498196.960

2WSP

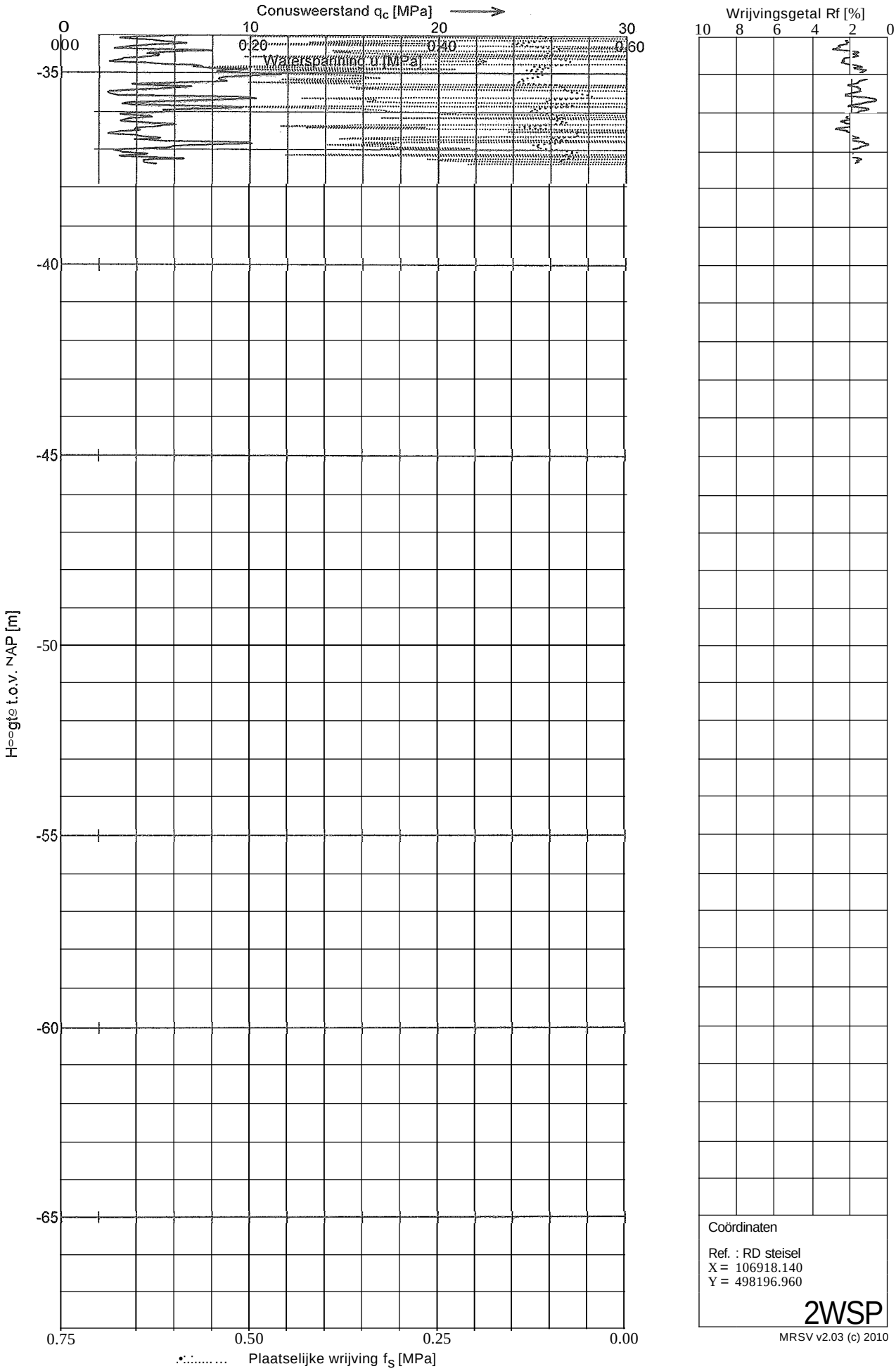
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 0]0 5013656

Sondering 2WSP

Opdracht	00133 JO	Conus nummer:	Cl OCFIP416
Plaats	Beverwijk	Soort conus	: Elektrisch
Datum	23-03-2011		
Betreft	Masten		

NEN 5140
Wagen: 5
Pagina : 2 van 2



Coördinaten

Ref. : RD steisel
X = 106918.140
Y = 498196.960

2WSP

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

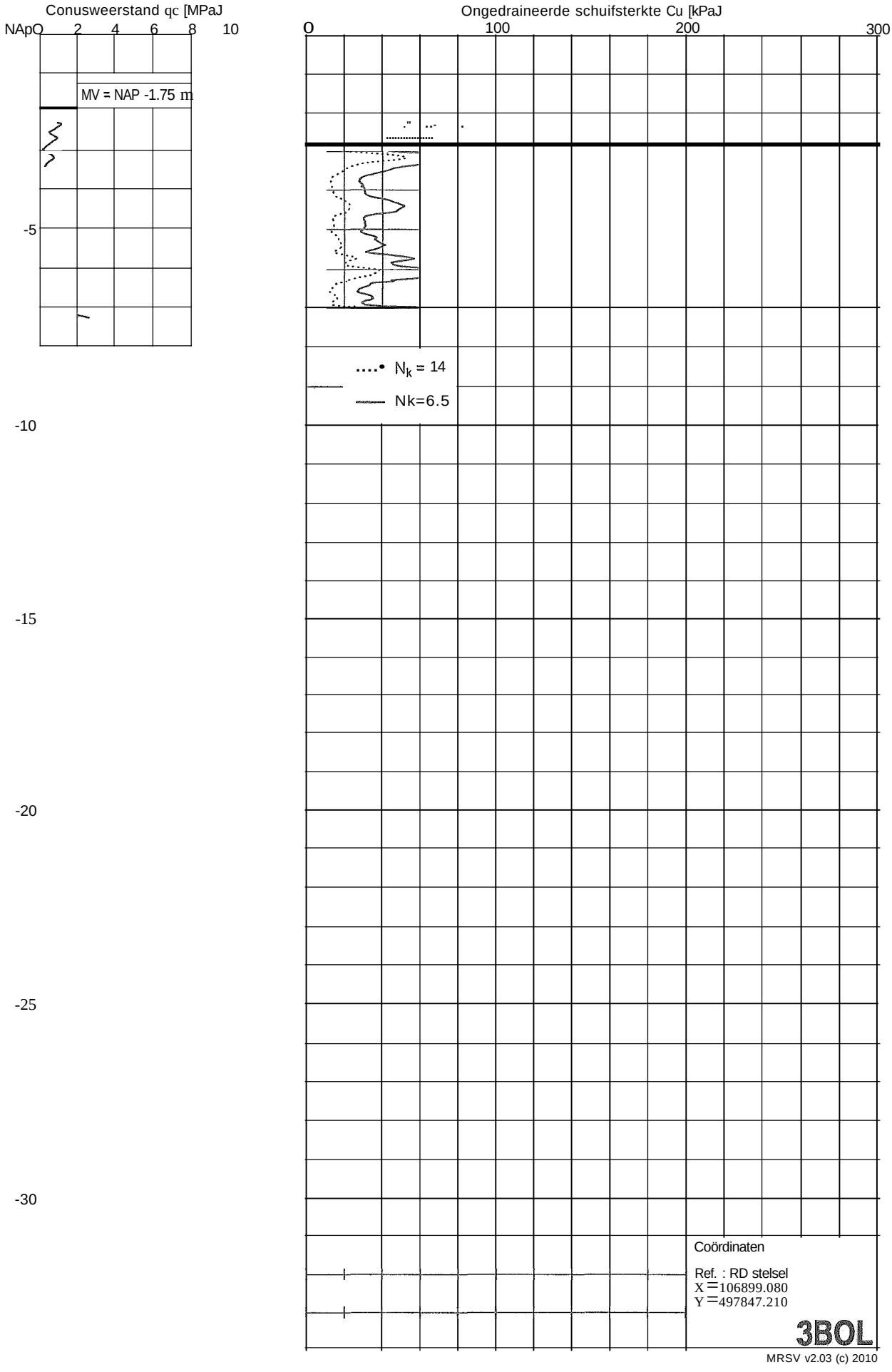
MOS GRONDMECHANICA PostbusSOl,3160AARhoon - TeJefoon 010 5030200 - Fax 0105013656

Sondering 3BOl

Opdracht 0013310
Plaats Beverwijk
Datum 23-03-20J I
Betreft Masten

Conus nummer: CIOOCFIIP46
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen: J
Pagina : 1 van]

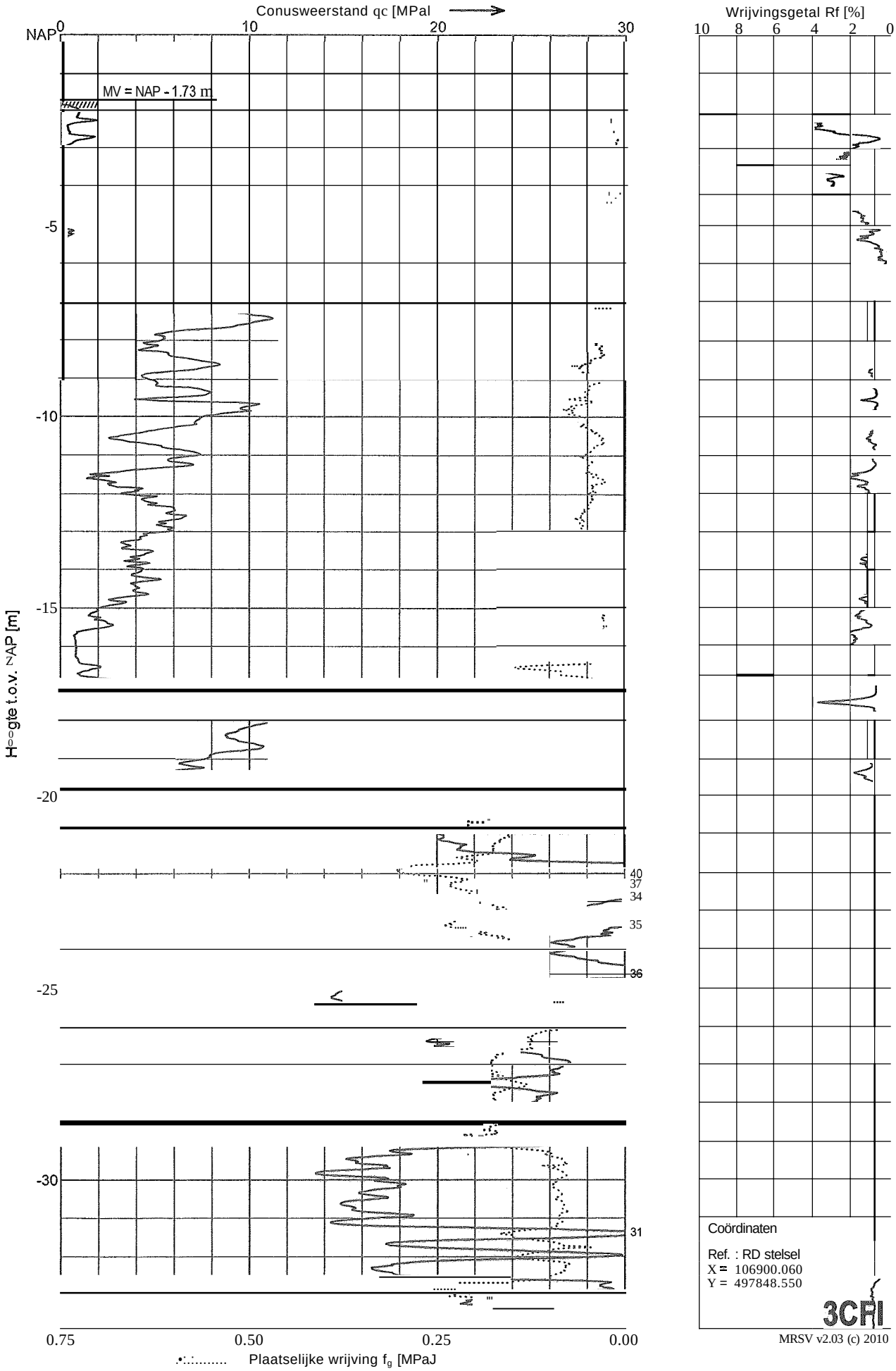


MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - TelefoonOlOS030200 - FaxOlOS013656

Sondering 3CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SlOCFIB07	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	23-03-20JJ		Pagina :] van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106900.060
Y = 497848.550

3CFI

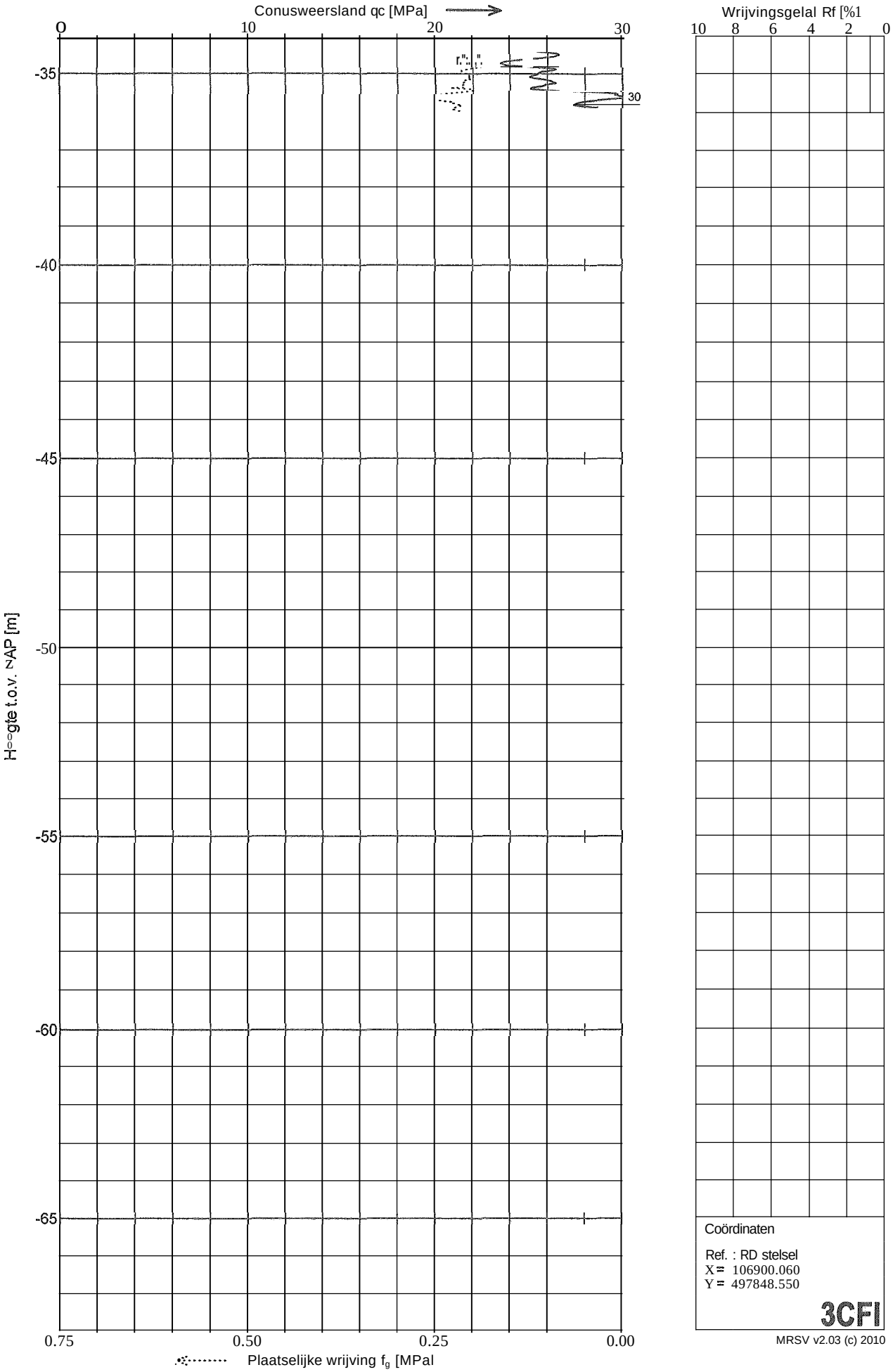
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOJ, 3160 AA Rhoon - Te\efoon 010 5030200 - FaxOl05013656

Sondering 3CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SJ OCFII307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	23-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106900.060
Y = 497848.550

3CFI

MRSV v2.03 (c) 2010

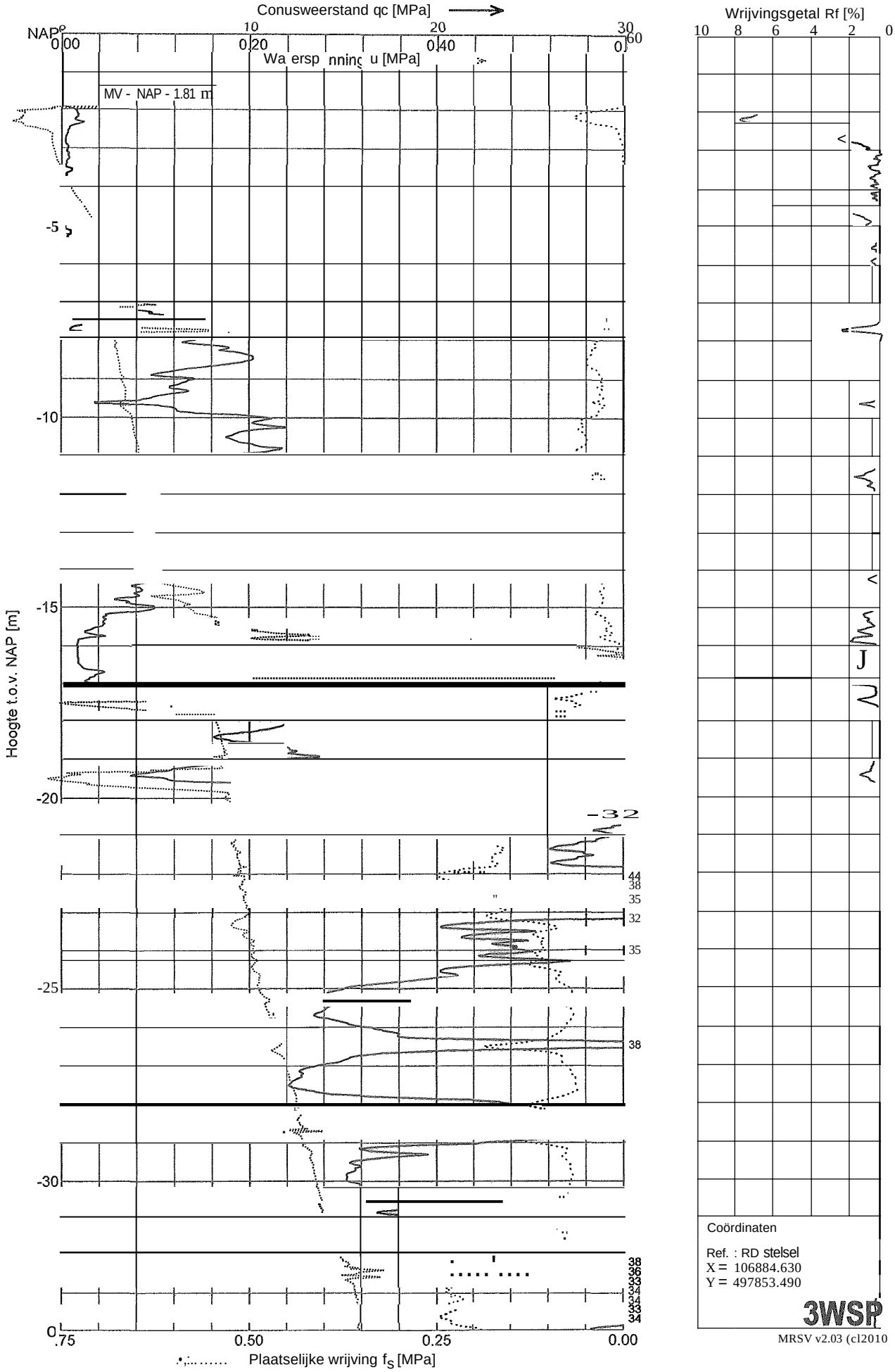
MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 3WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer:	Cl OCFIP416
Plaats	Beverwijk	Soort conus	: Elektrisch
Datum	23-03-2011		
Betreft	Masten		

NEN 5140
Wagen: 5
Pagina : I van 2



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106884.630
Y = 497853.490

3WSP

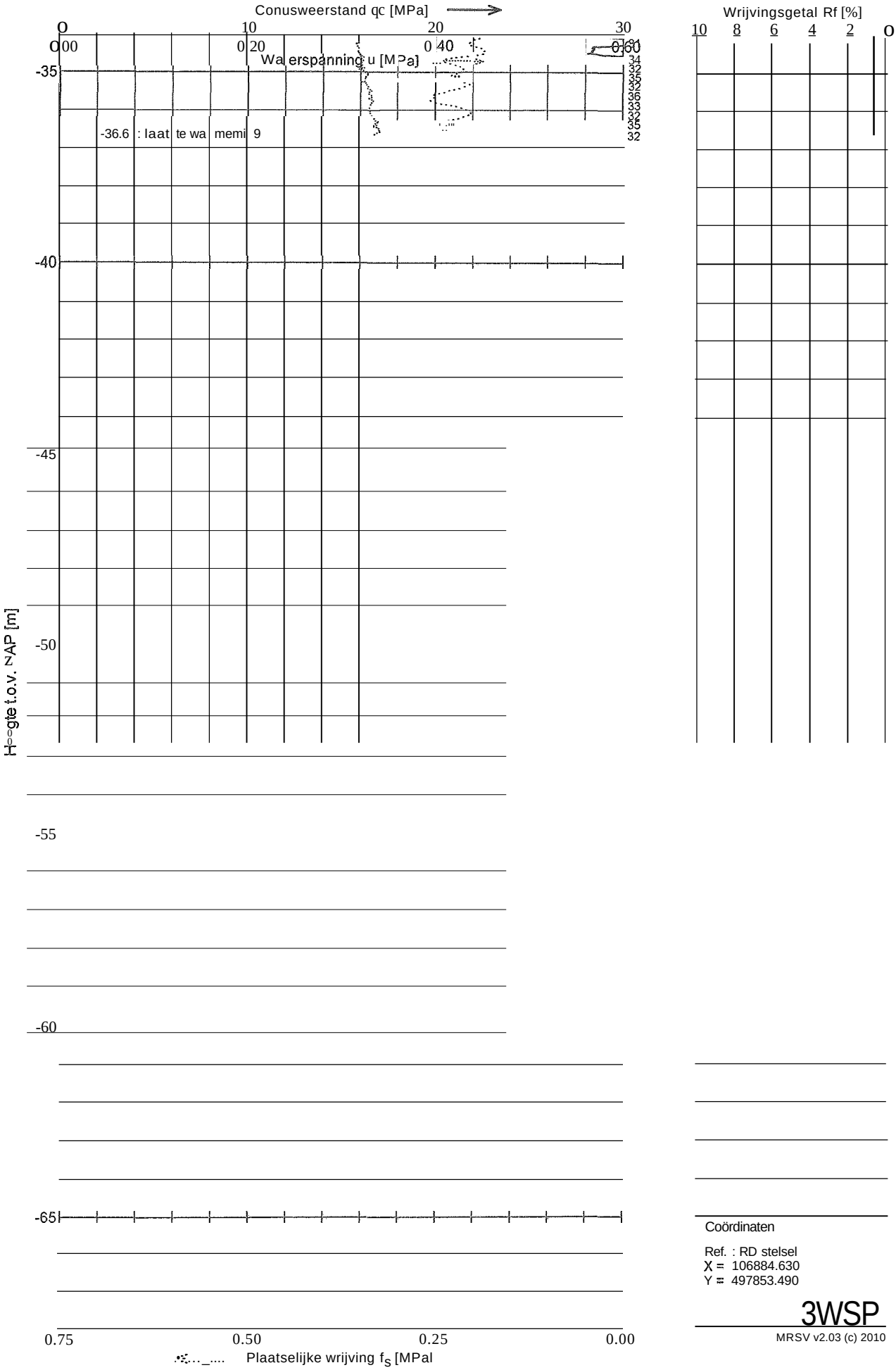
MRSV v2.03 (cl2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 3WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: C] OCFIP416	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	23-03-20] 1		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106884.630
Y = 497853.490

3WSP

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

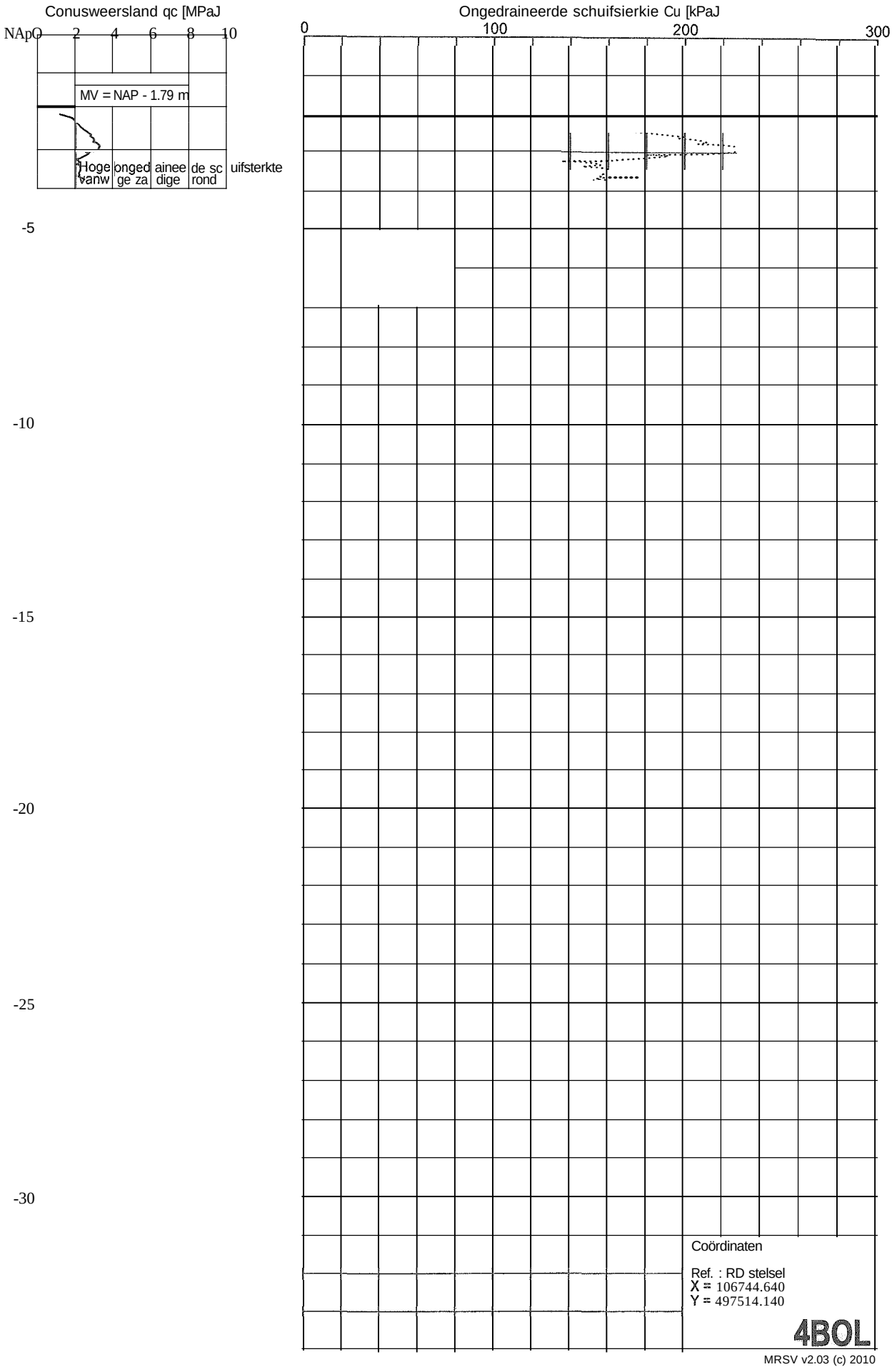
MOS GRONDMECHANICA

Sondering 4BOl

Opdracht	0013310
Plaats	Beverwijk
Datum	23-03-2011
Betreft	Masten

Conus nummer: Cl OOCFIIP46
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen: I
Pagina : 1 van I

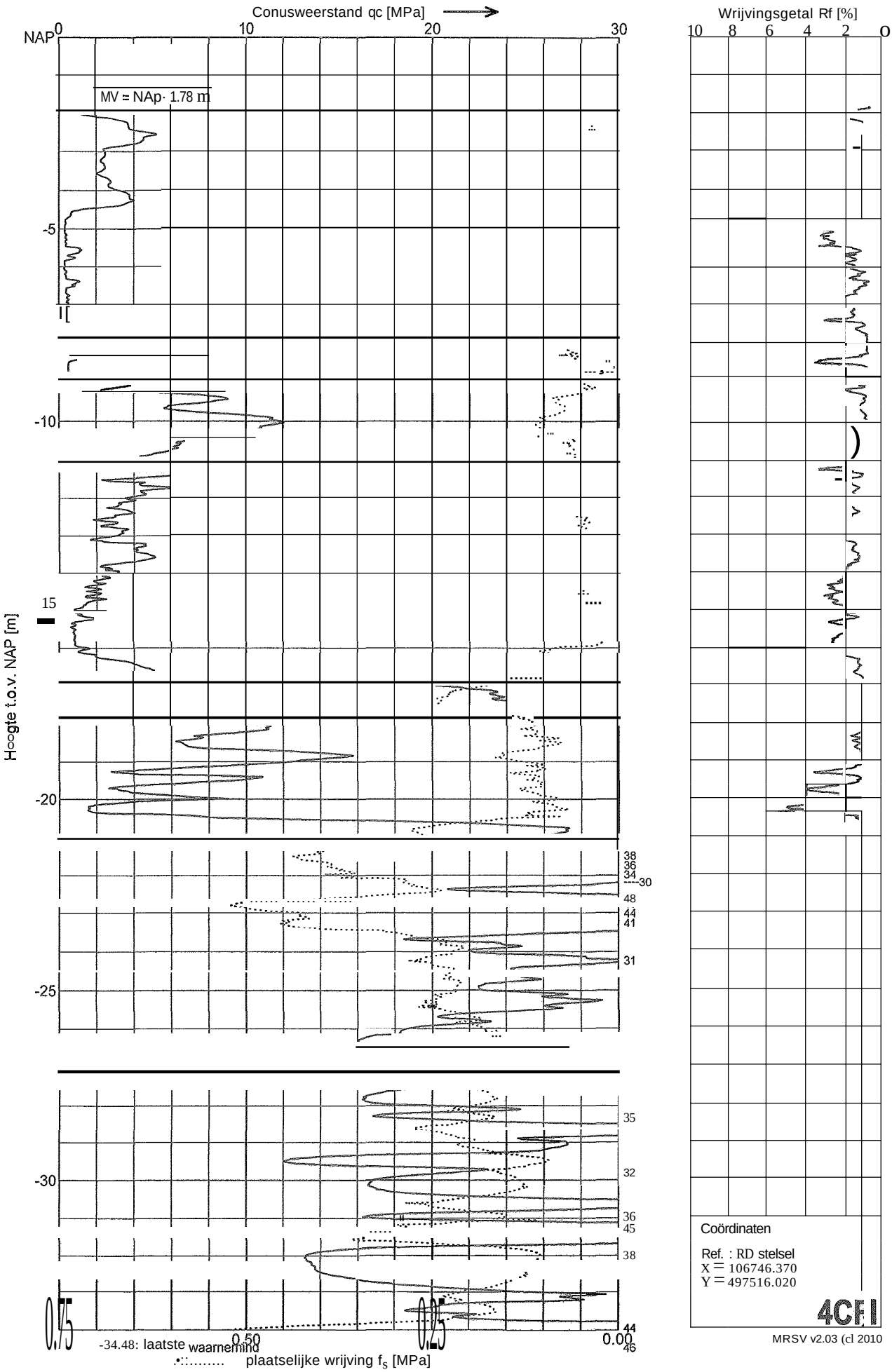


MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 4CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFIl6 10	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	23-03-2011		Pagina :] van 2
Betreft	Masten		

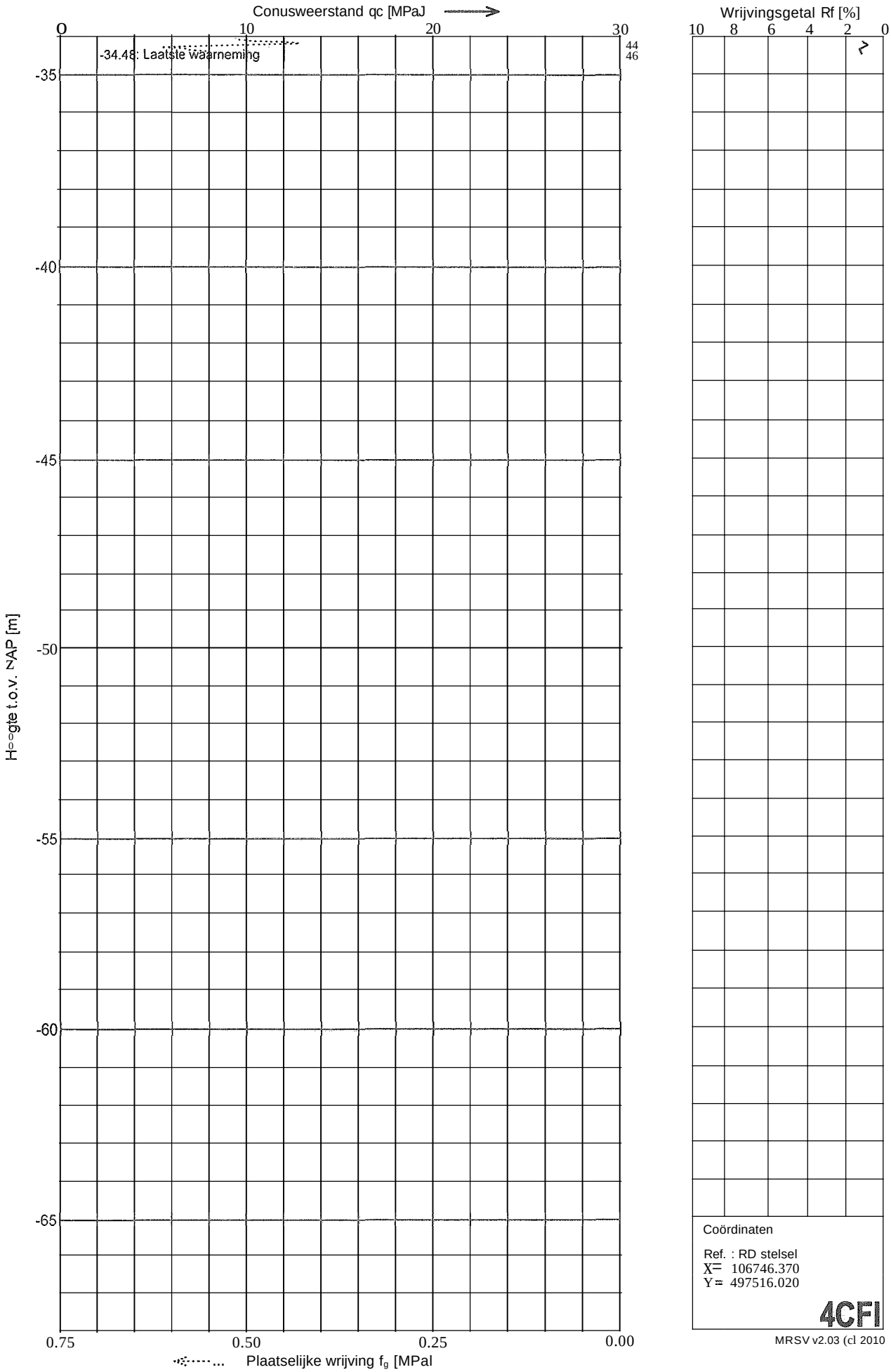


MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 0105013656

Sondering 4CFI

Opdracht	0013310	Conus nUlmner: SI OCFII61 0	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	23-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



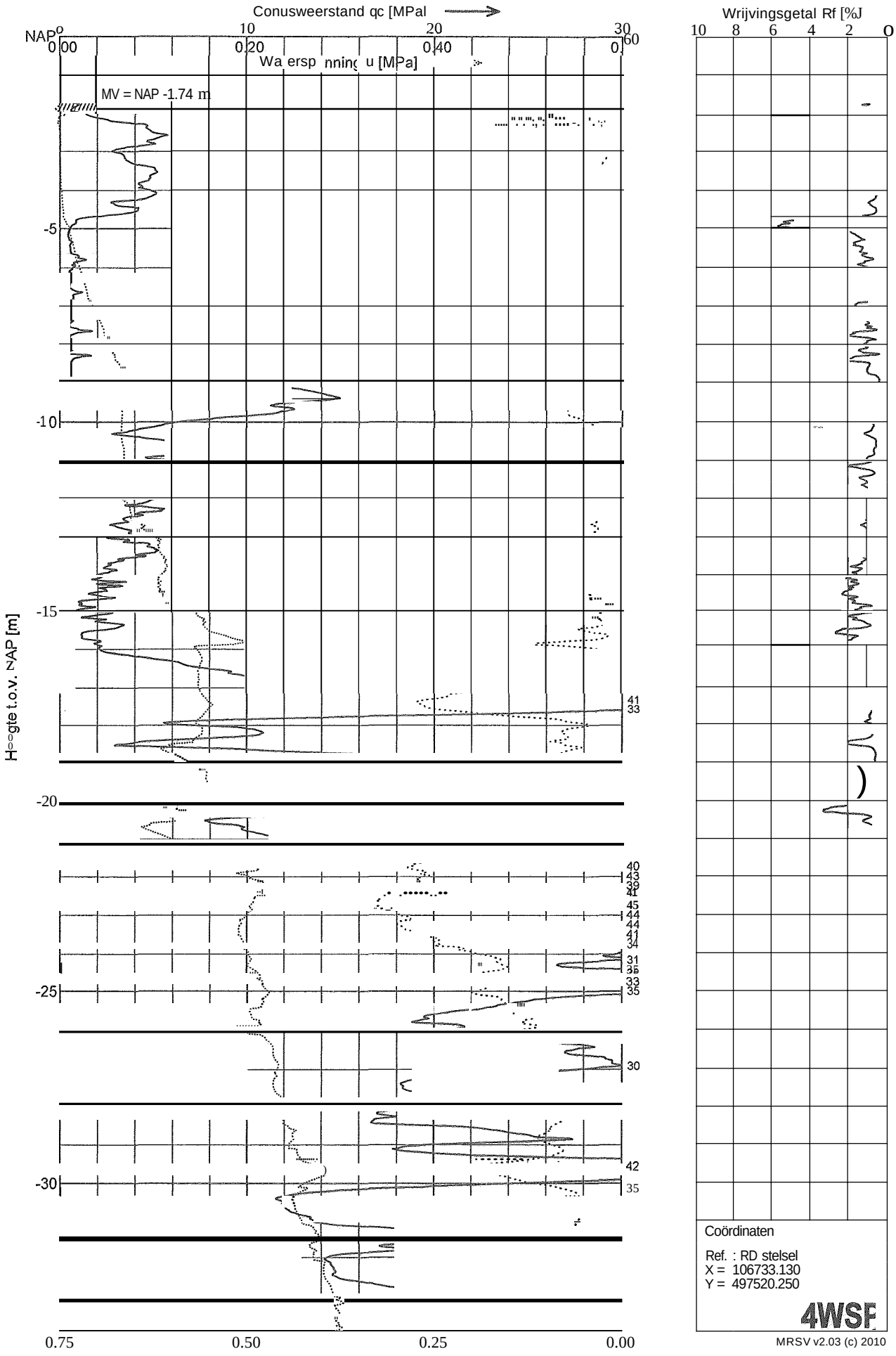
MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 4WSP

Opdracht	00133] 0	Conus nummer: Cl OCFIP416	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	23-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106733.130
Y = 497520.250

4WSP

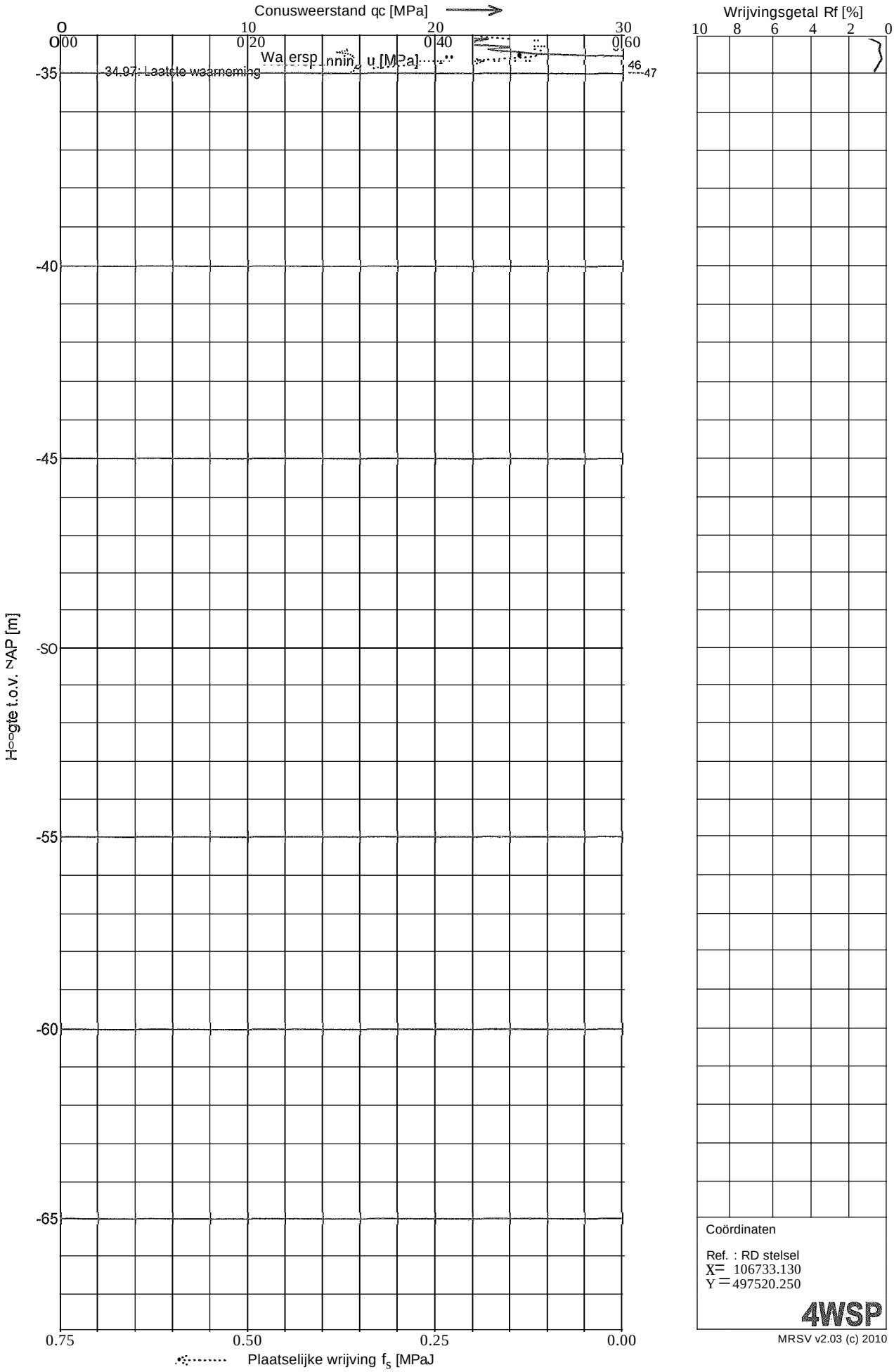
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 4WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: C1OCFIP416	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	23-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X= 106733.130
Y = 497520.250

4WSP

MRSV v2.03 (c) 2010

Sondering 5BOI

Opdracht 00133]0
Plaats Beverwijk
Datum 22-03-201]
Betreft Masten

Conus nummer: C] 00CFlIP46
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen: 1
Pagina : 1 van 1

MOS GRONDMECHANICA

Conusweerstand qc [MPa]

NAp0 2 4 6 8 10

MV = NAP - 1.95 m

1.40 voo geboo d

ineerde schuifsterkte

vanw ge za dige rond

-5

Ongedraineerde schuifsterkte Cu [kPa]

0 100 200 300

Kiel

-10

-15

-20

-25

-30

Hoogte t.o.v. NAP [m]

Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106583.840
Y = 497164.180

5BOL

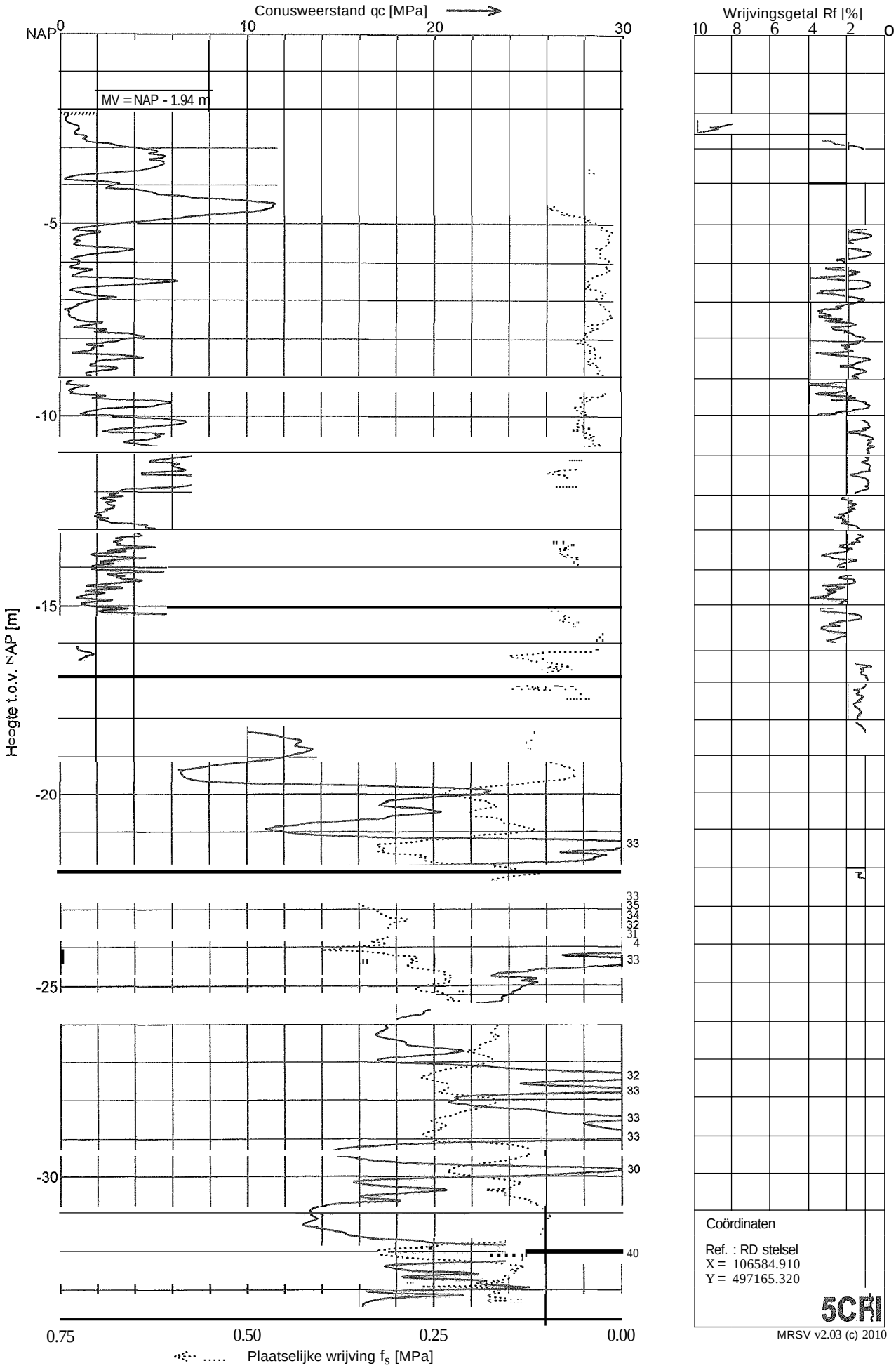
MRSV v2.03 (c) 2010

Sondering 5CFI

Opdracht 00133] 0
Plaats Beverwijk
Datum 22-03-20]]
Betreft Masten

Conus nummer: SlOCFJI6] 0
Soort conus : Elektrisch

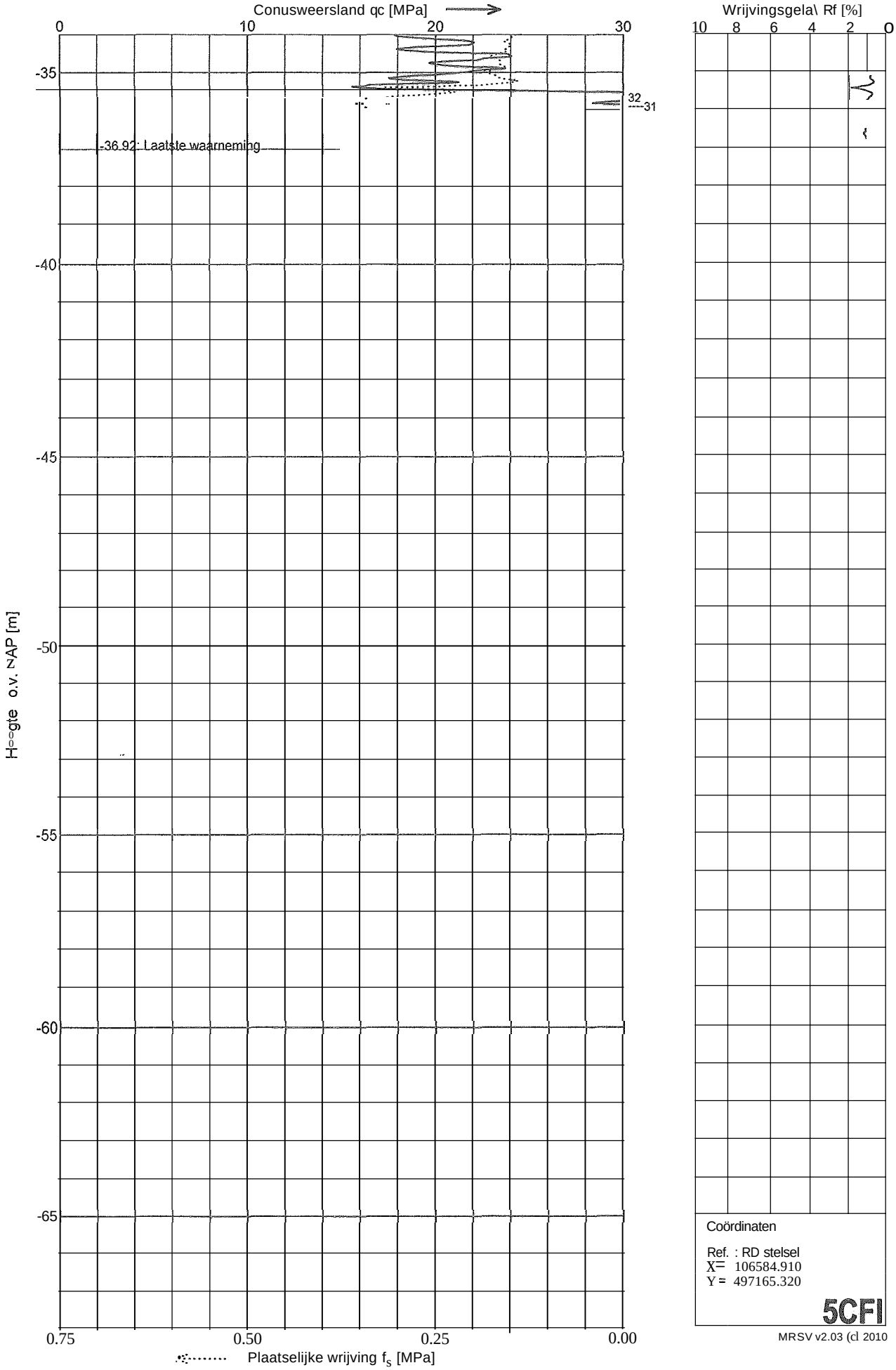
NEN 5140
Wagen:]



MRSV v2.03 (c) 2010

Sondering 5CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFH61 0	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	22-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X= 106584.910
Y= 497165.320

5CFI

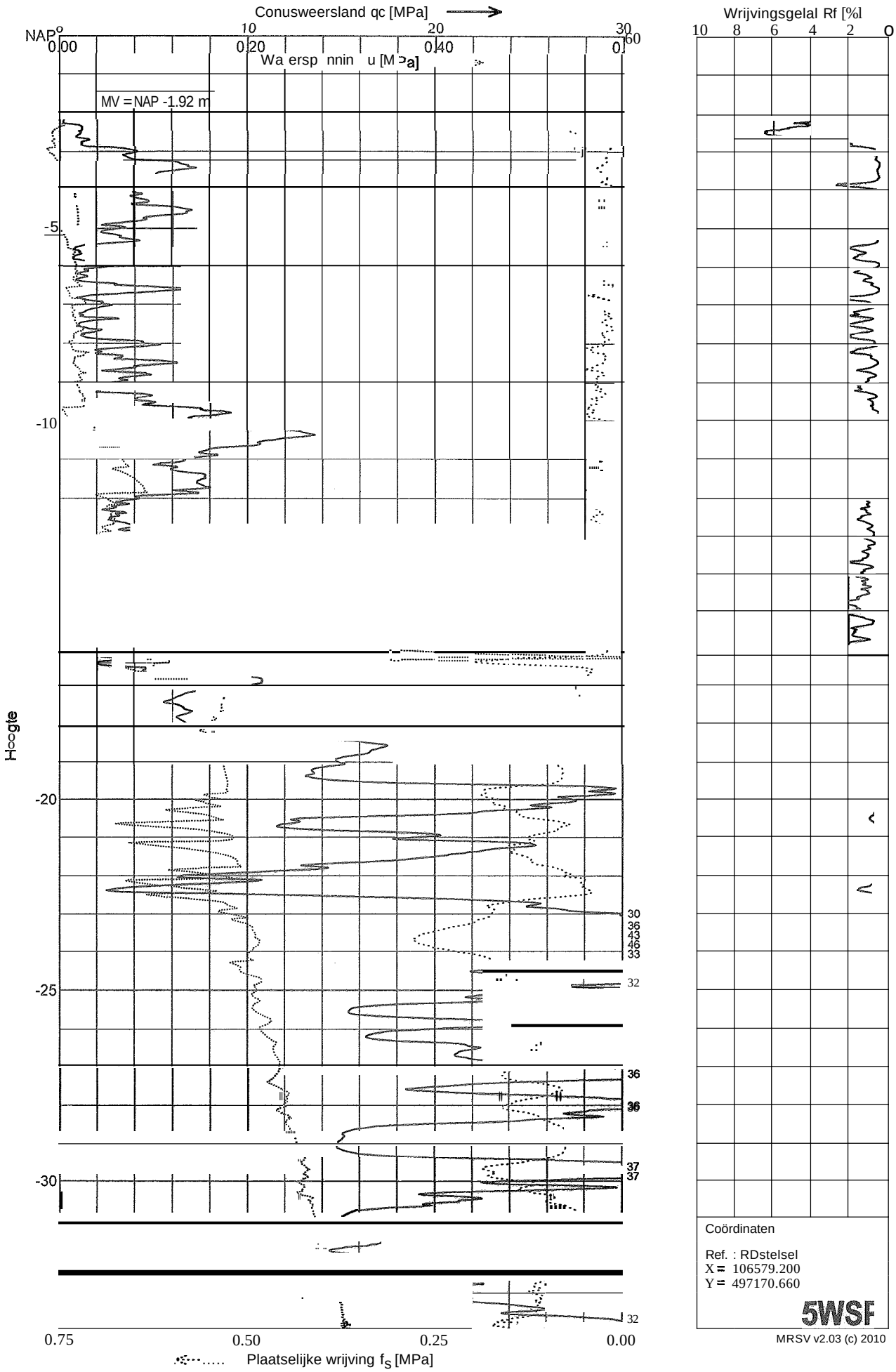
MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO S030200 - FaxOlOS0136S6

Sondering 5WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: Cl OCFIP416	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RDstelsel
X = 106579.200
Y = 497170.660

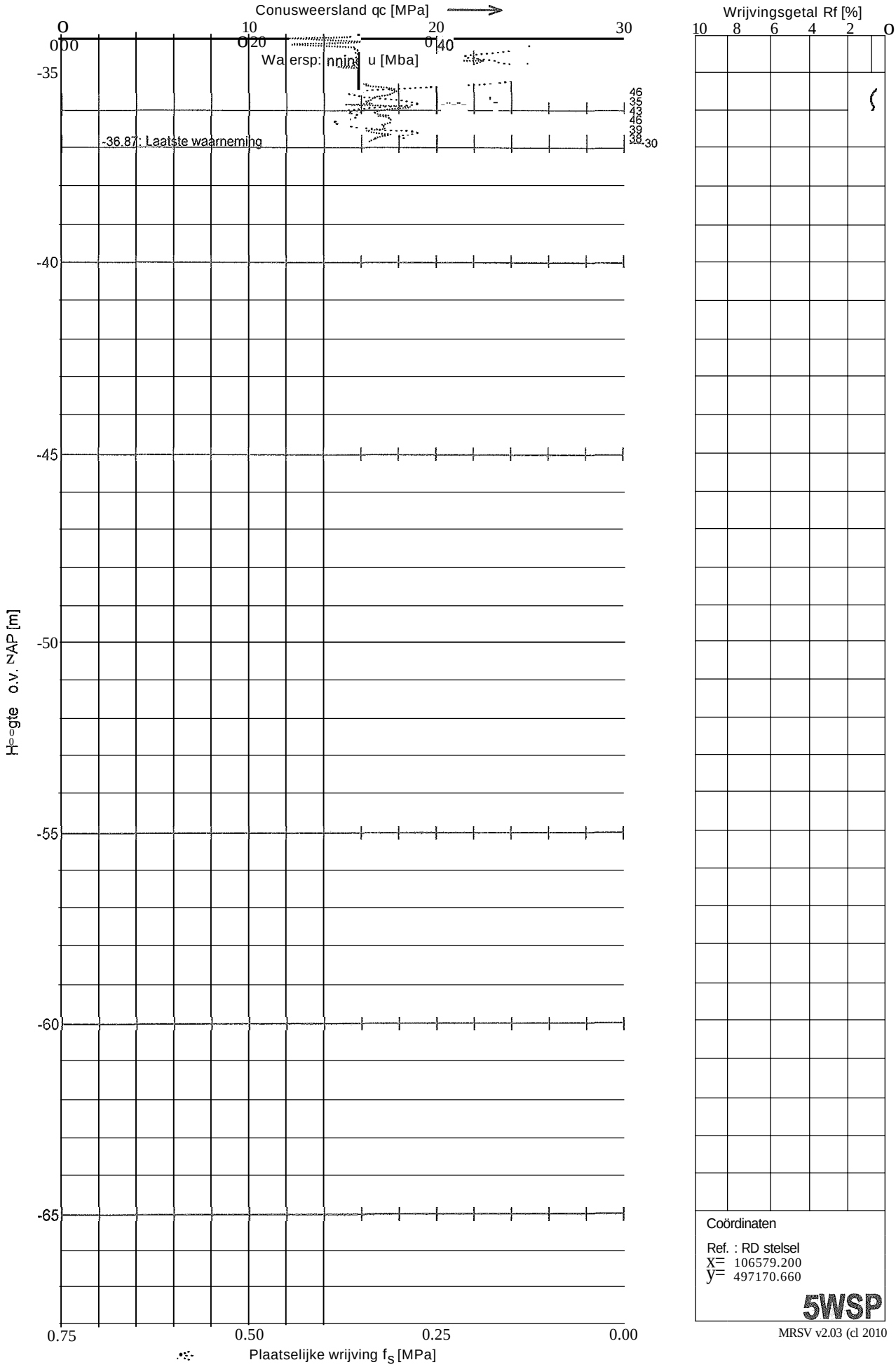
5WSF

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 0]0 5030200 - Fax 0]0 5013656

Sondering 5WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: Cl OCFIP4 16	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X= 106579.200
Y= 497170.660

5WSP

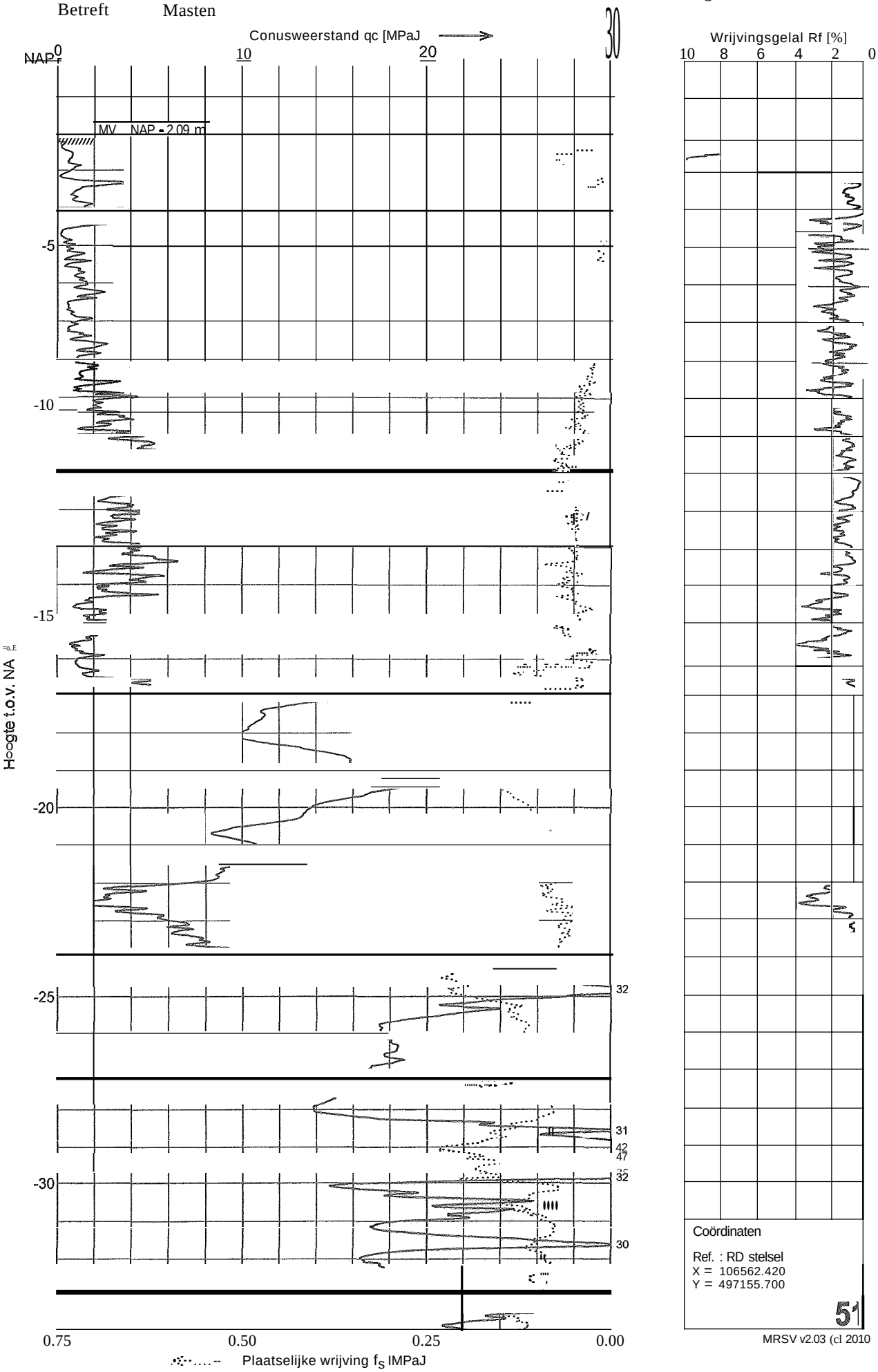
MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 51

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCFn307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106562.420
Y = 497155.700

51

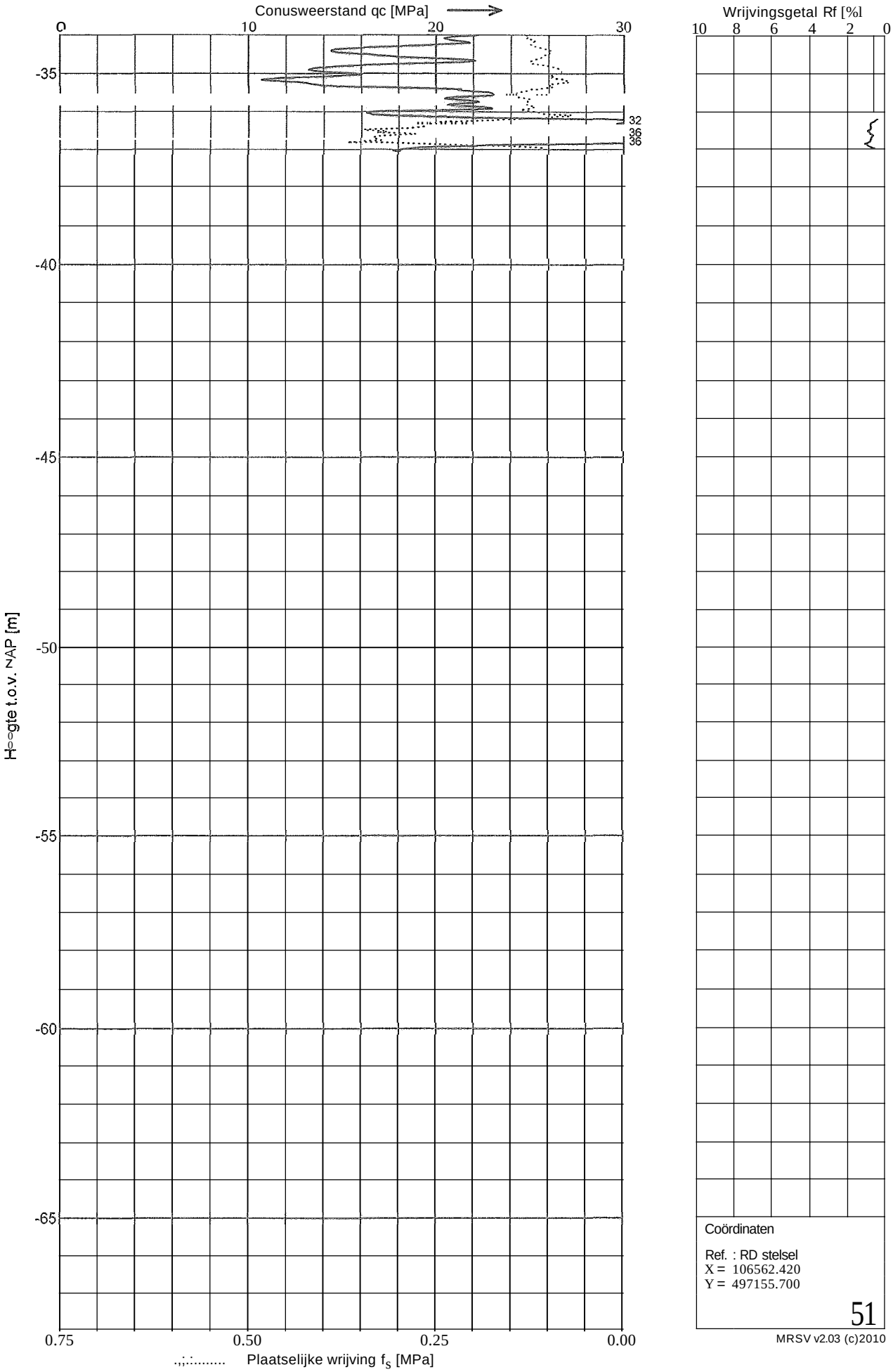
MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 0]0 5013656

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 51

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFII307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106562.420
Y = 497155.700

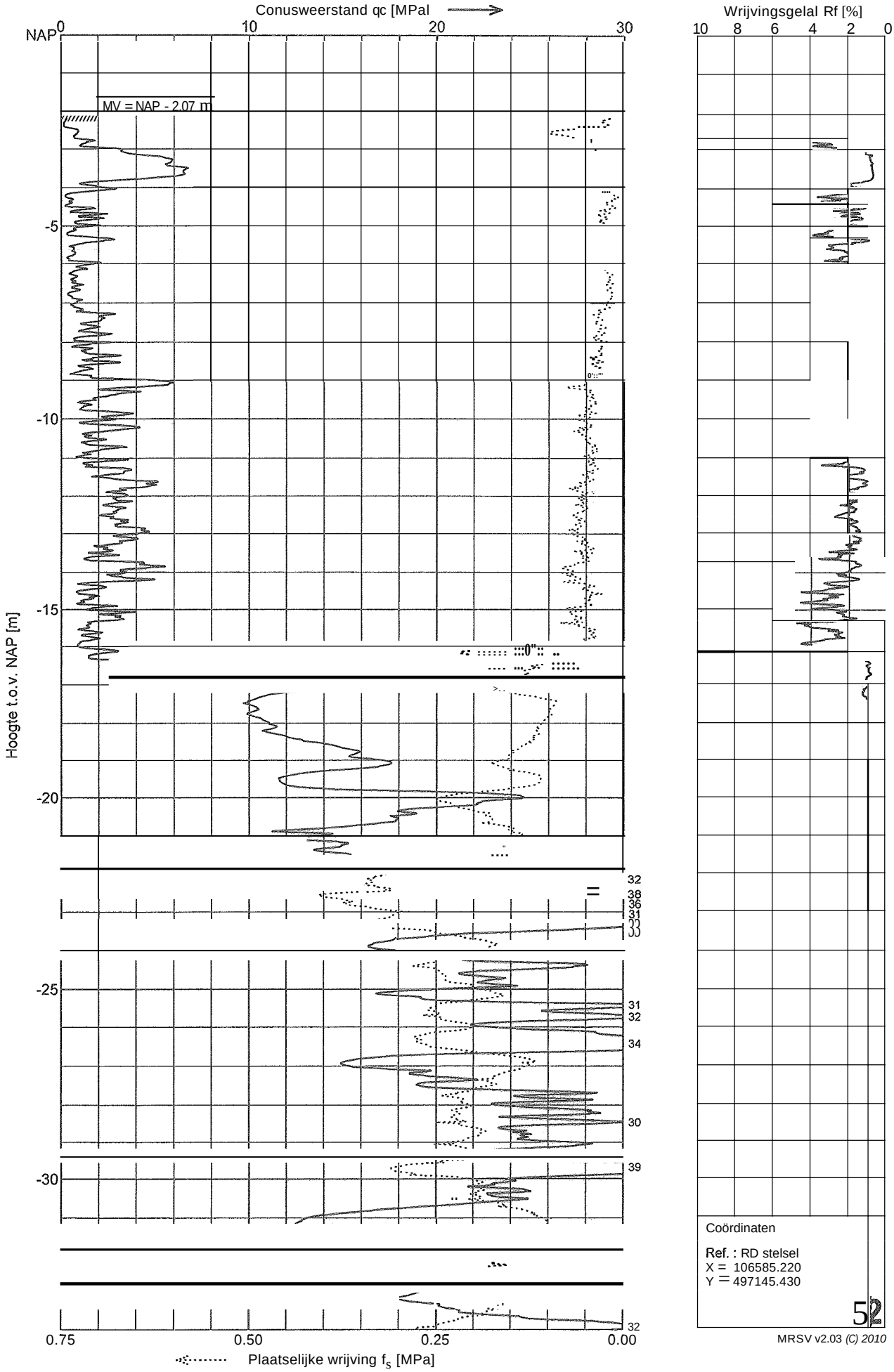
51

MRSV v2.03 (c)2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 52

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCFlI610	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	22-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106585.220
Y = 497145.430

52

MRSV v2.03 *(C) 2010*

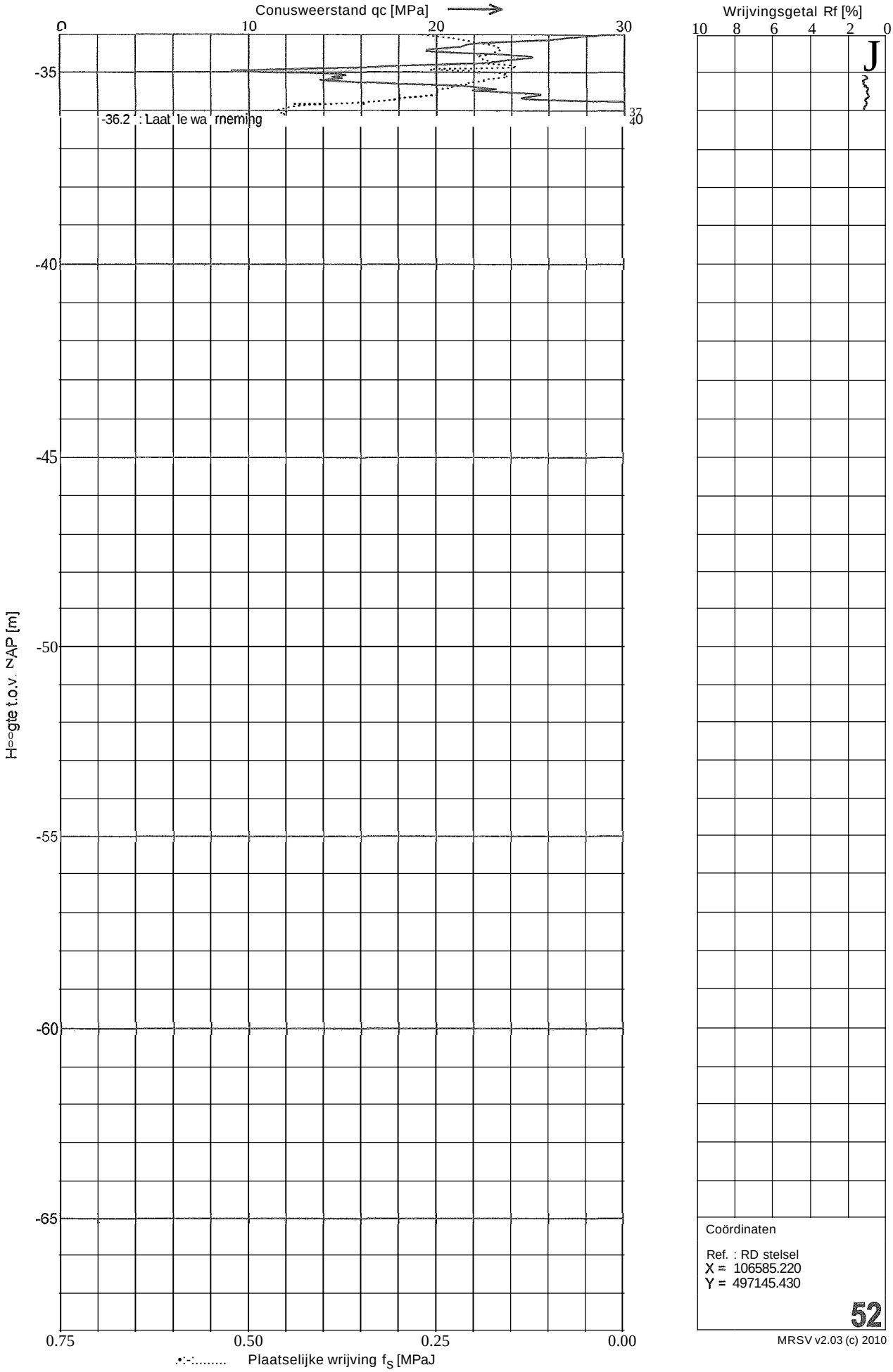
MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax OIO 5013656

-36.24: Laatste waarneming

Sondering 52

Opdracht	00133]0	Conus nummer: S] OCFIl6] 0	NEN 5]40
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen:]
Datum	22-03-20] 1		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



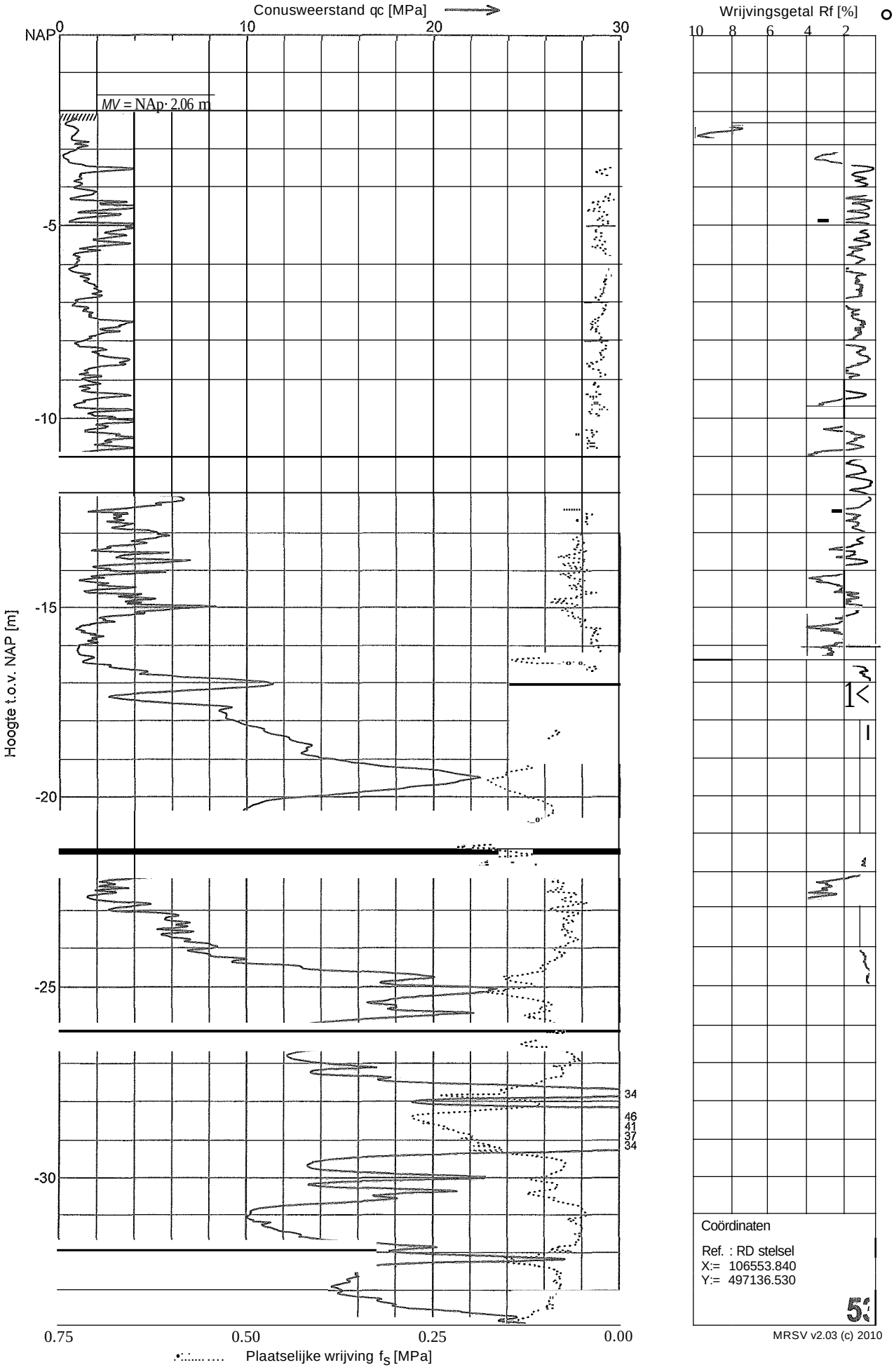
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 53

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFl1307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

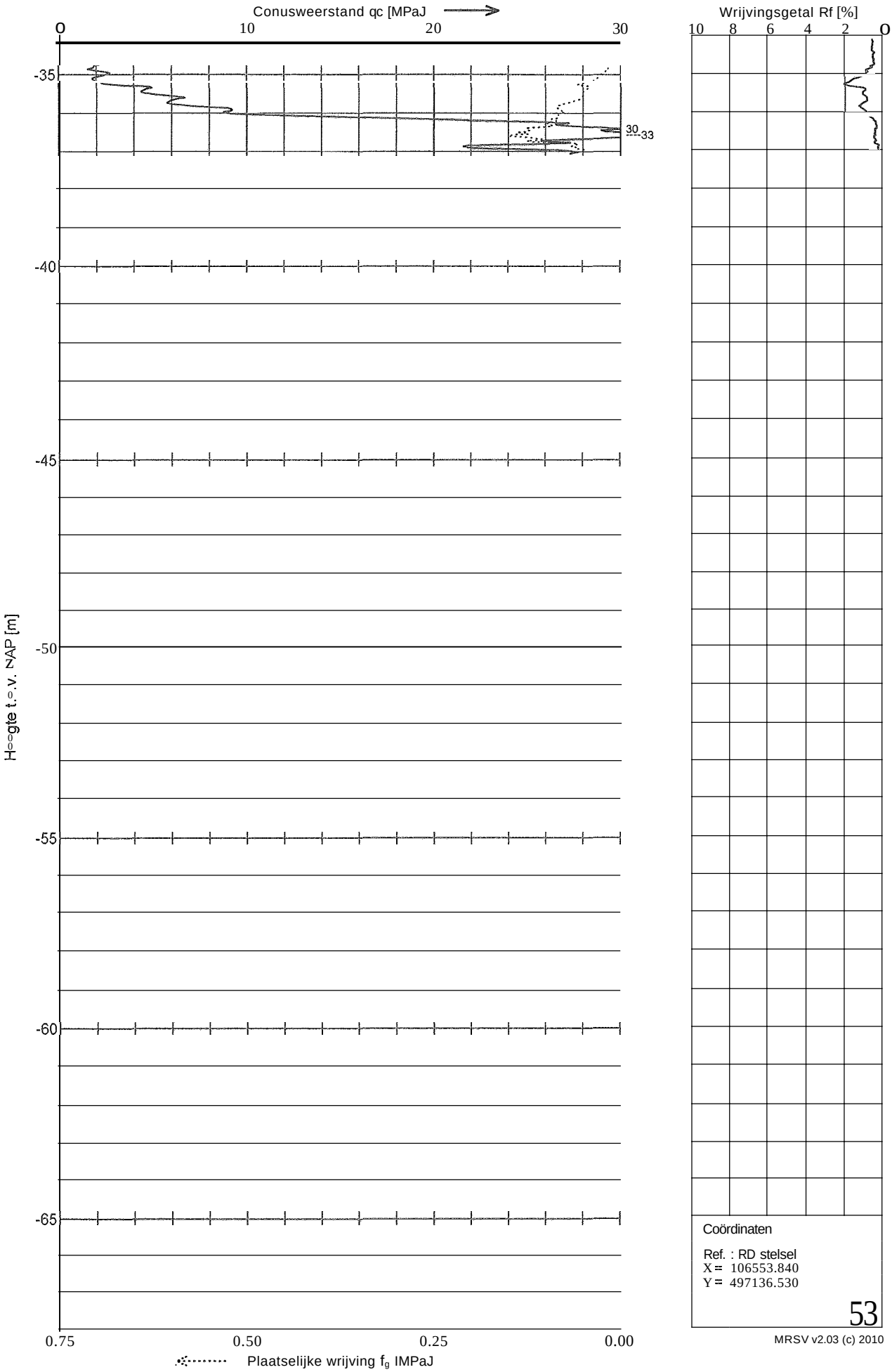
Ref. : RD stelsel
X:= 106553.840
Y:= 497136.530

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160AARhoon - TeiefoonOlOS030200 - Fax 010 S0136S6

Sondering 53

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFlI307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106553.840
Y = 497136.530

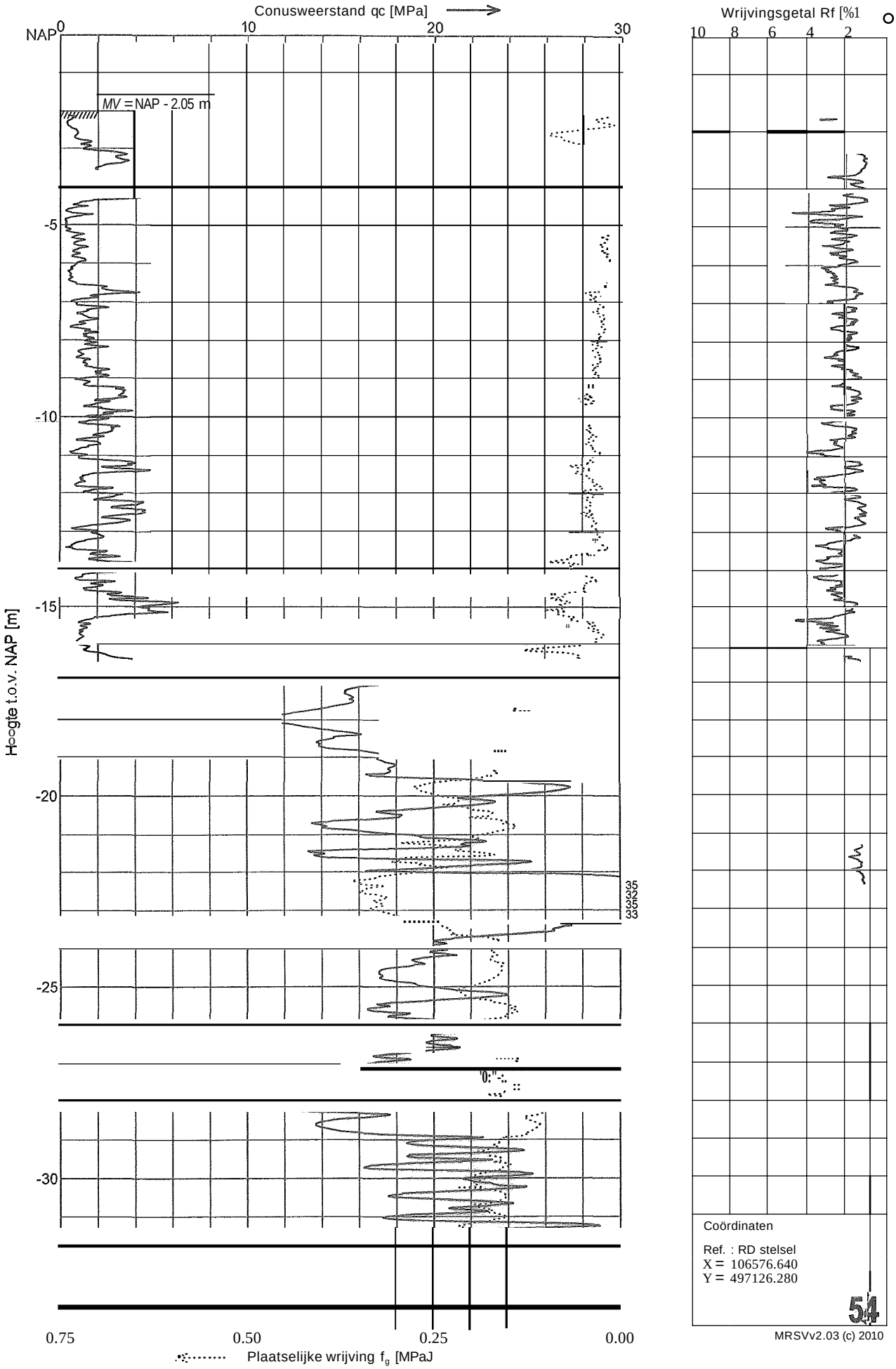
53

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax OIO 5013656

Sondering 54

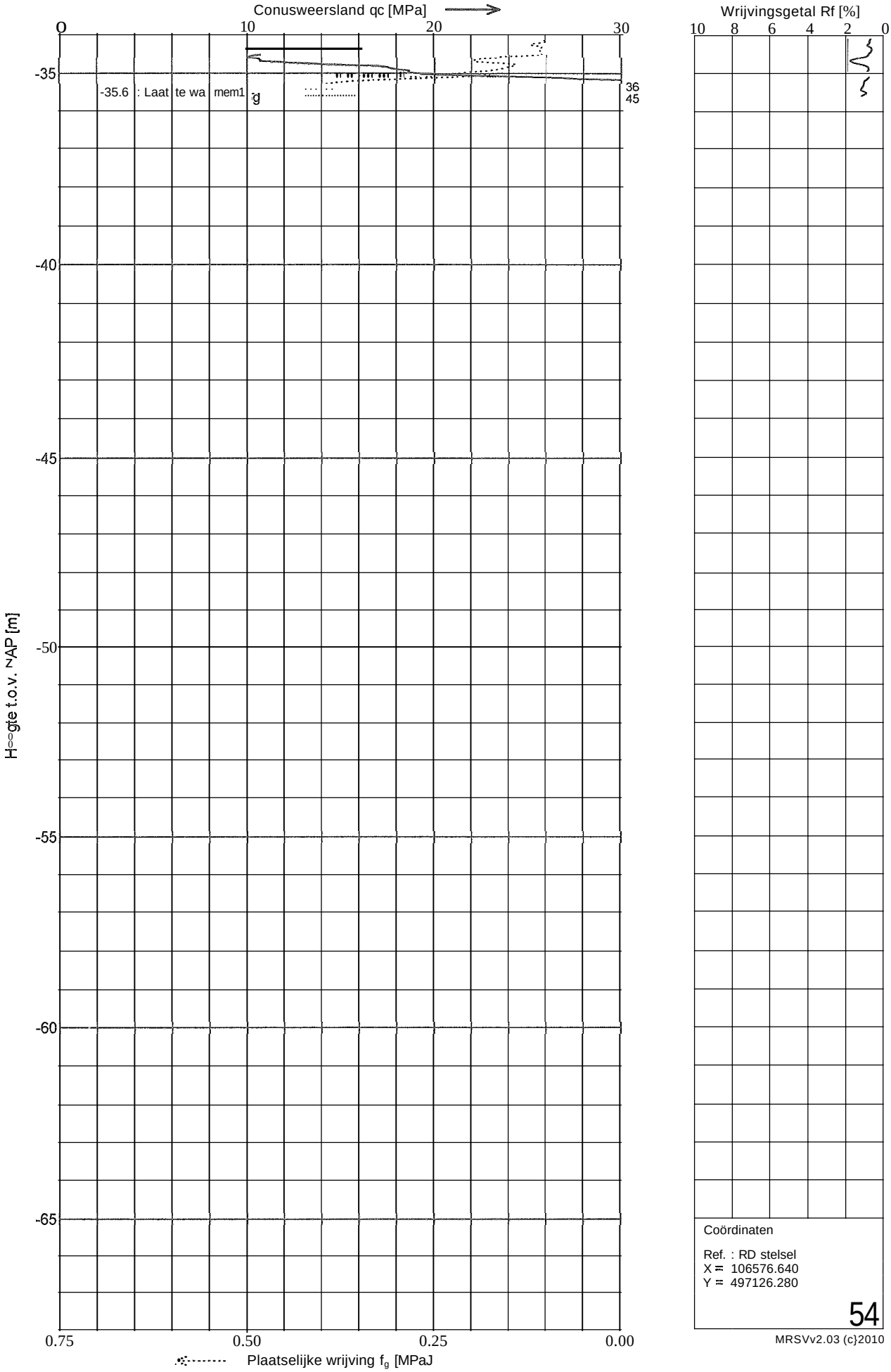
Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFJI6 I0	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	22-03-201 I		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		



MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 54

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCF1l61O	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	22-03-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106576.640
Y = 497126.280

54

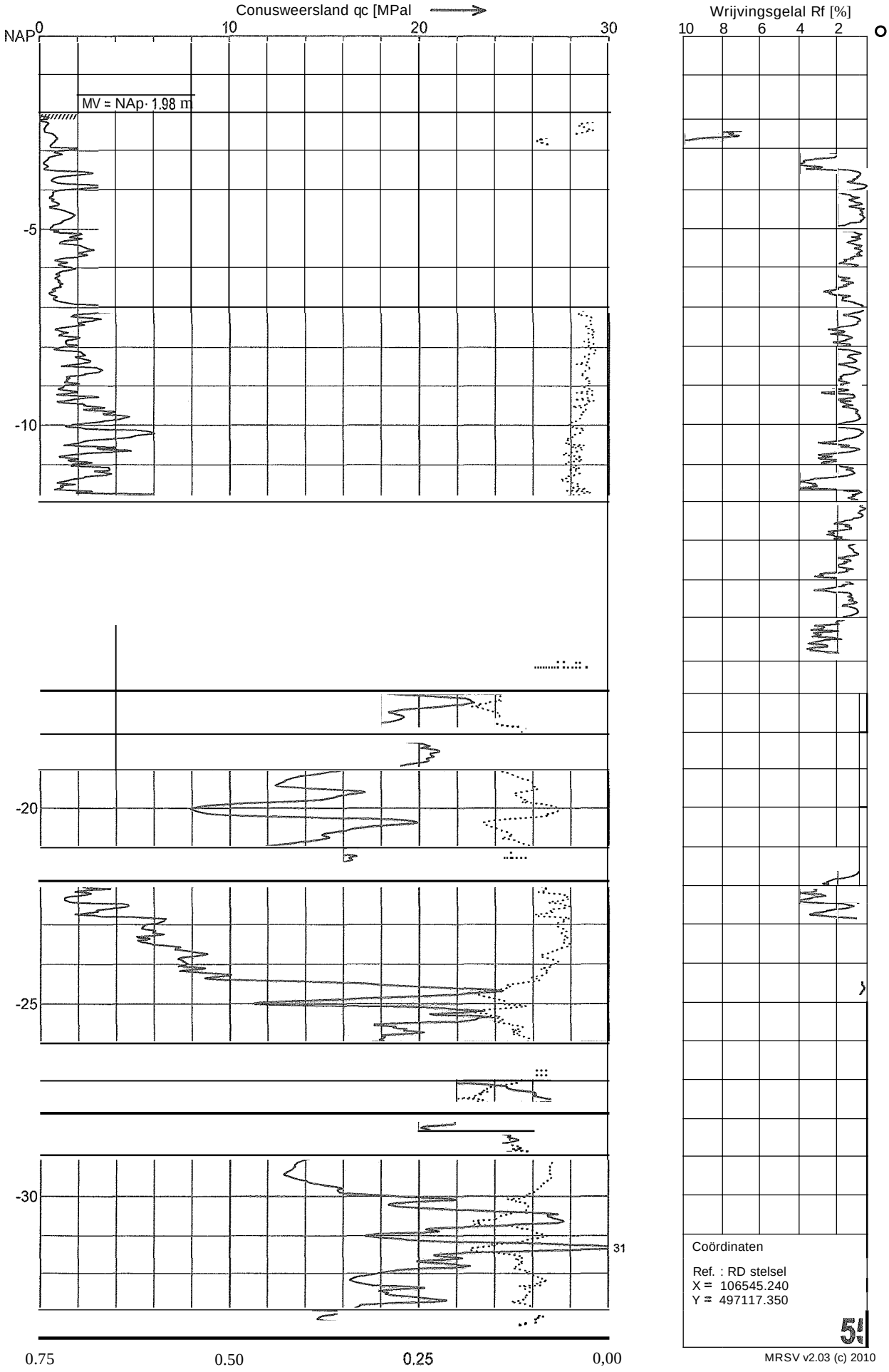
MRSVv2.03 (c}2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 55

Opdracht	0013310	Conus nummer: SJ OCFIl307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-201 I		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		



MRSV v2.03 (c) 2010

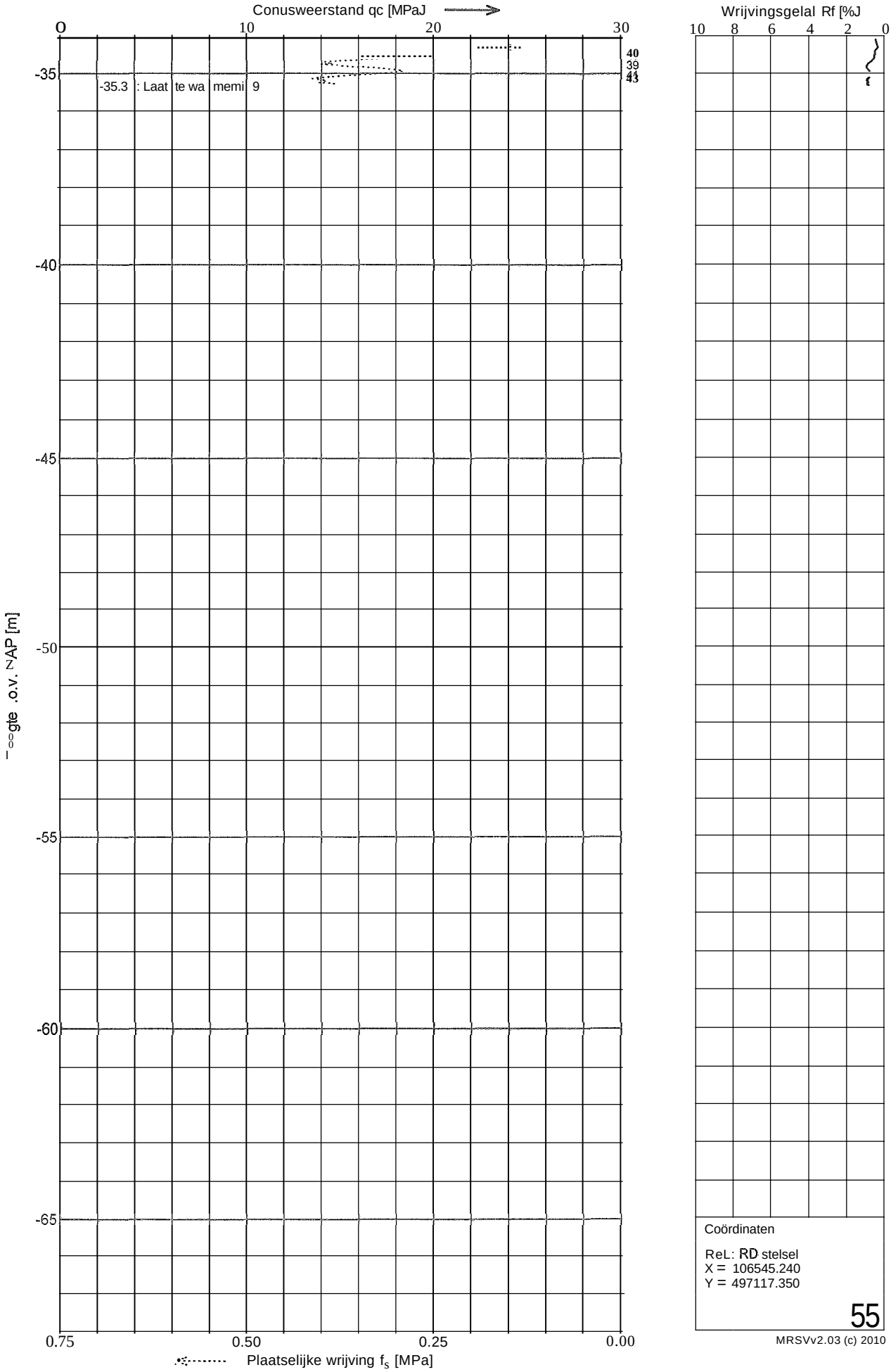
-35.34: Laatste waarneming

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon OlO 5030200 - Fax 010 5013656

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 55

Opdracht	0013310	Conus nummer: S] OCFII307	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 5
Datum	22-03-20J I		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

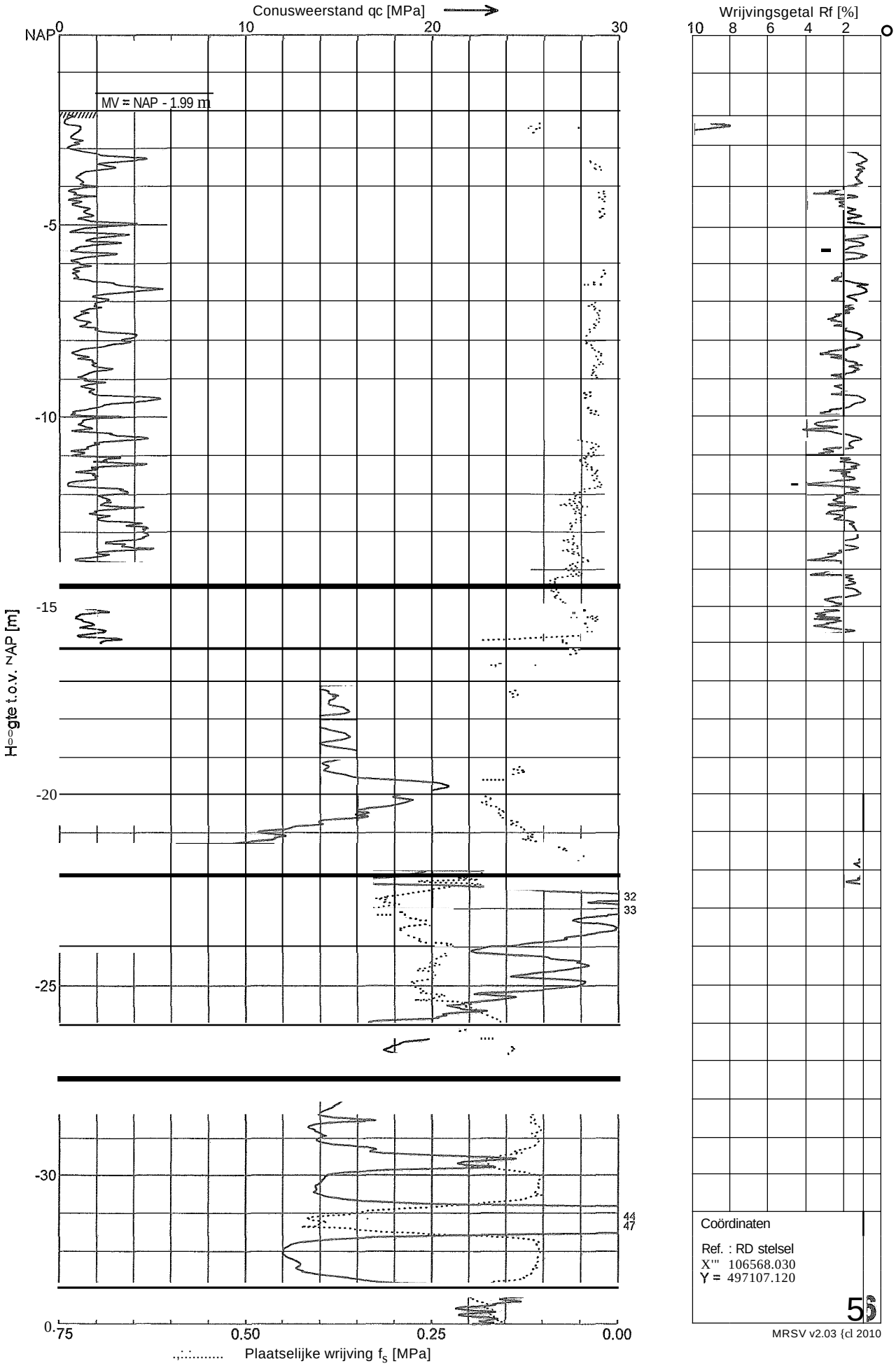
ReL: RD stelsel
X = 106545.240
Y = 497117.350

55

MRSVv2.03 (c) 2010

Sondering 56

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFII6 I0	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	22-03-2011		Pagina : J van 2
Betreft	Masten		

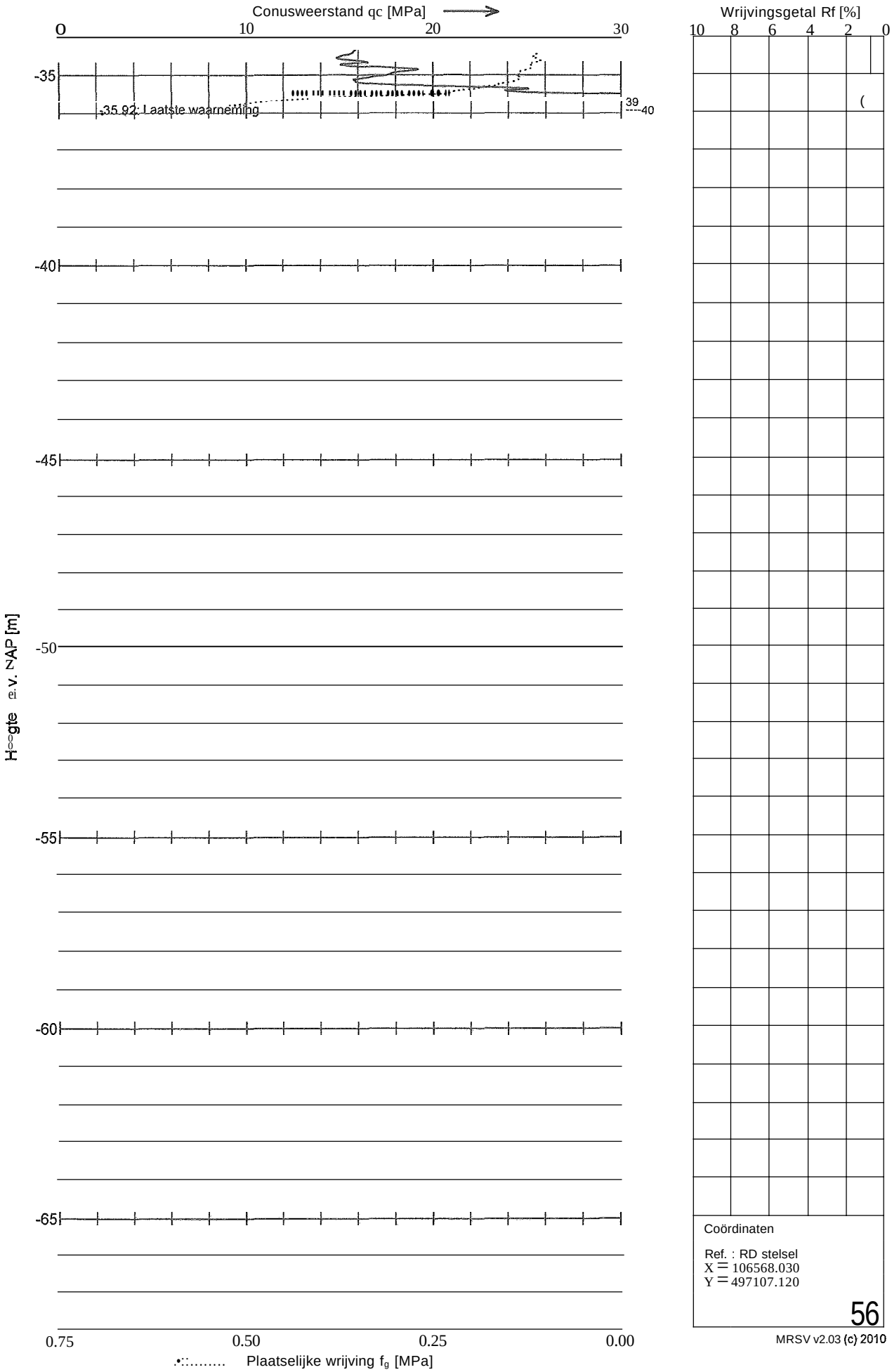


MRSV v2.03 {cl 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus801,3160AARhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 56

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFII61 0	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	22-03-20]]		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106568.030
Y = 497107.120

56

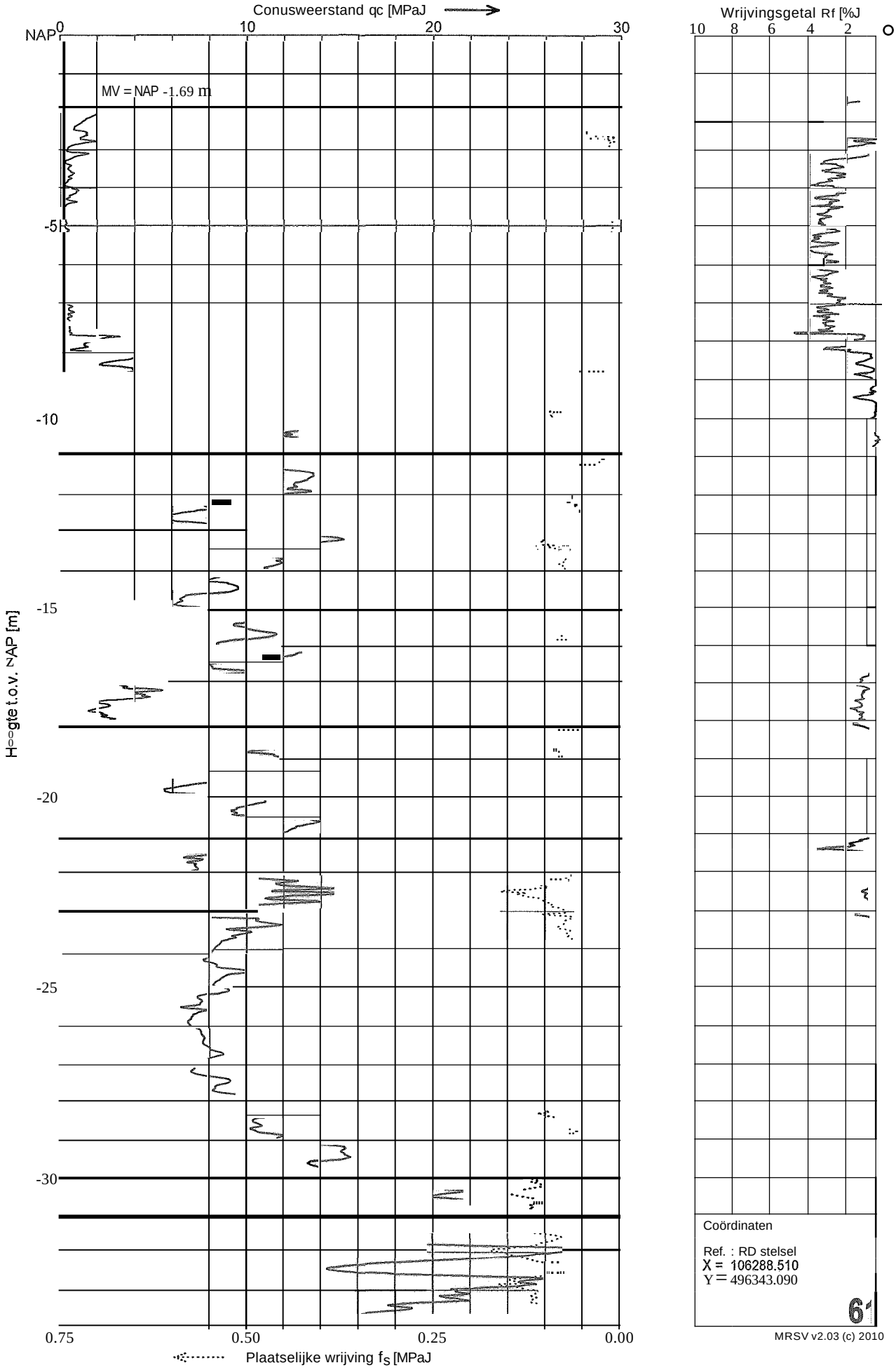
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 61

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFI.518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106288.510
Y = 496343.090

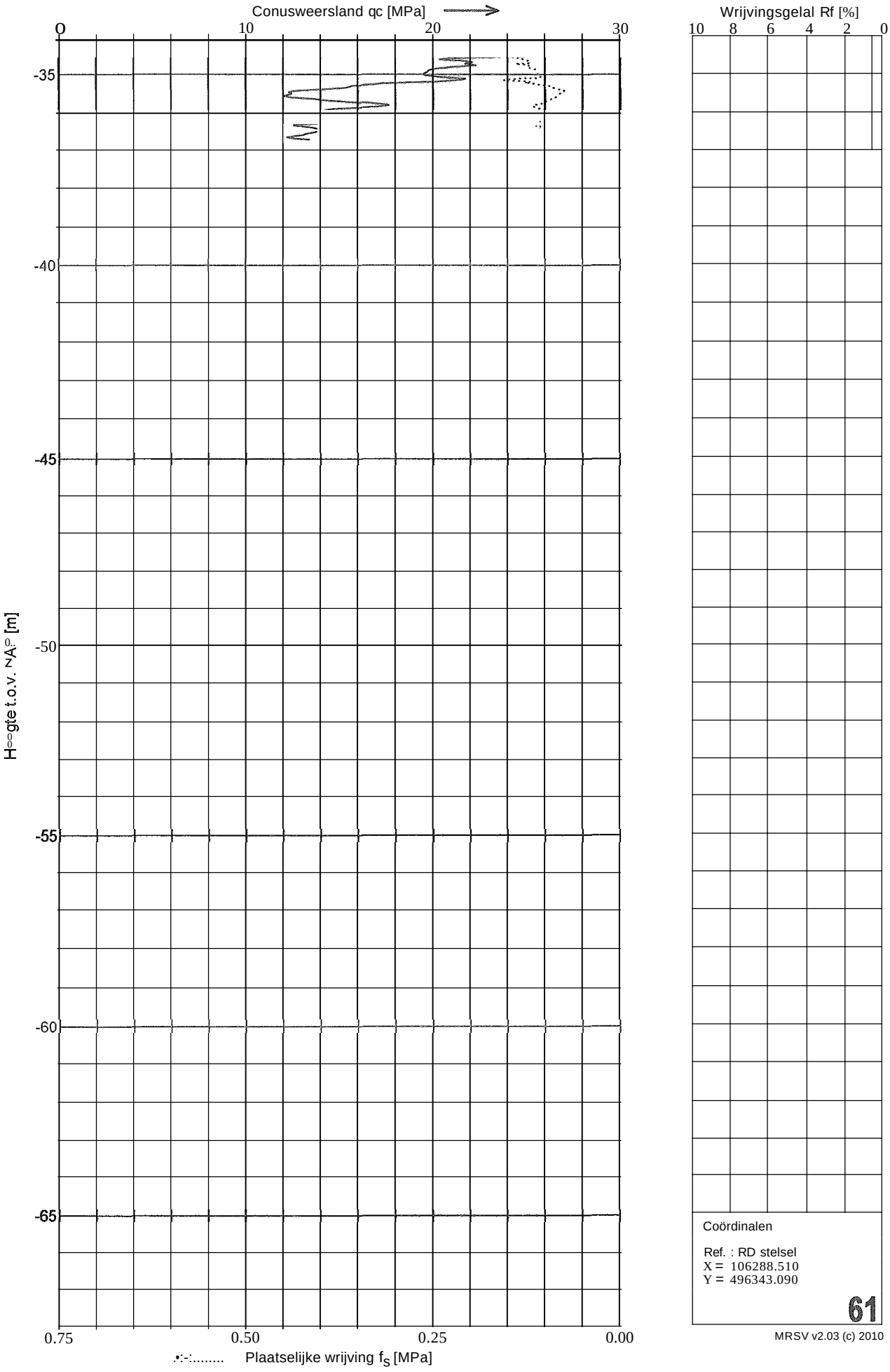
61

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 61

Opdracht	0013310	Conus nmmner: SI OCFI.5 18	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinalen

Ref. : RD stelsel
X = 106288.510
Y = 496343.090

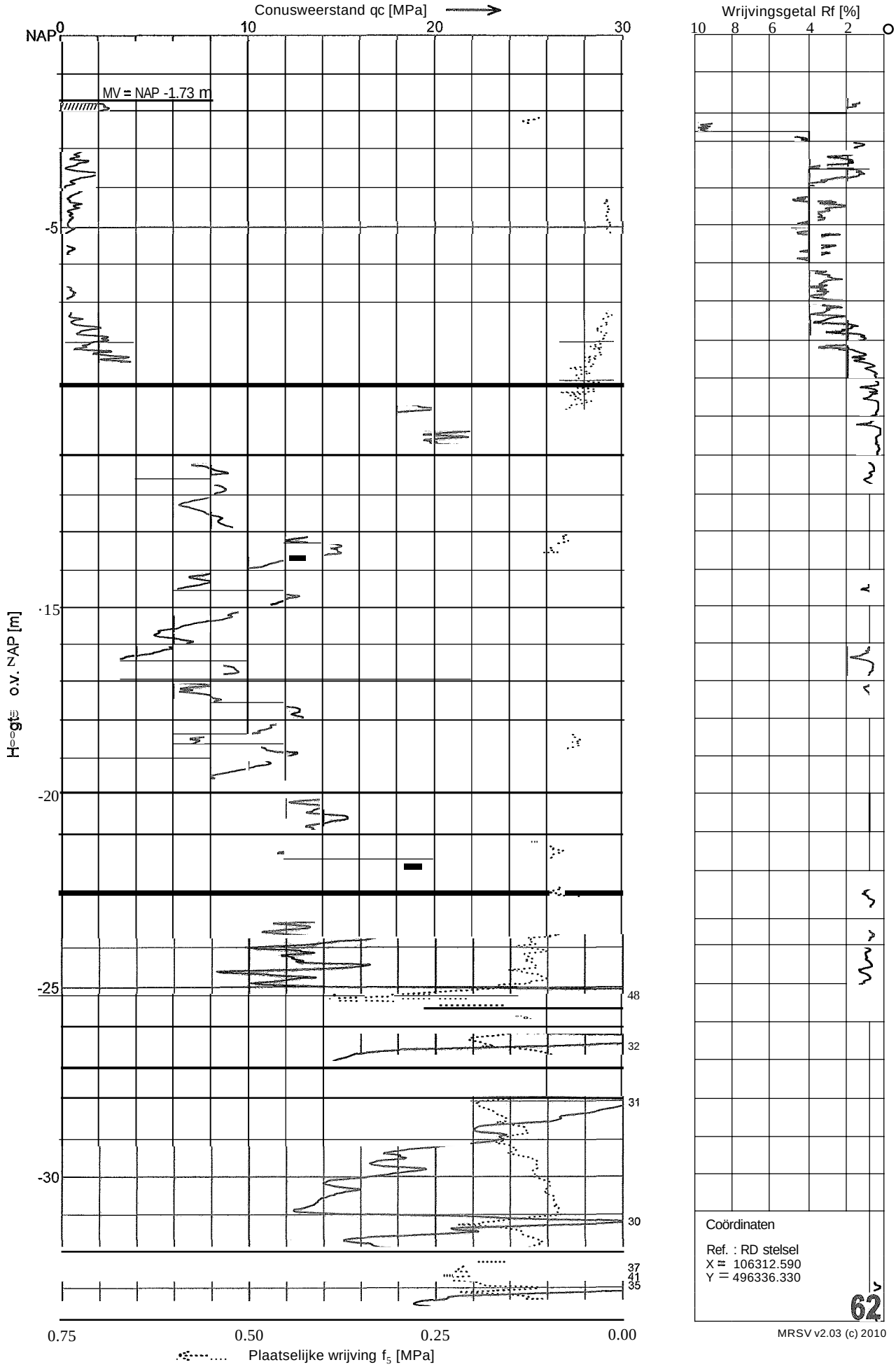
61

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 62

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFI518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen :]2
Datum	31-05-2011		Pagina :] van 2
Betreft	Masten		



MRSV v2.03 (c) 2010

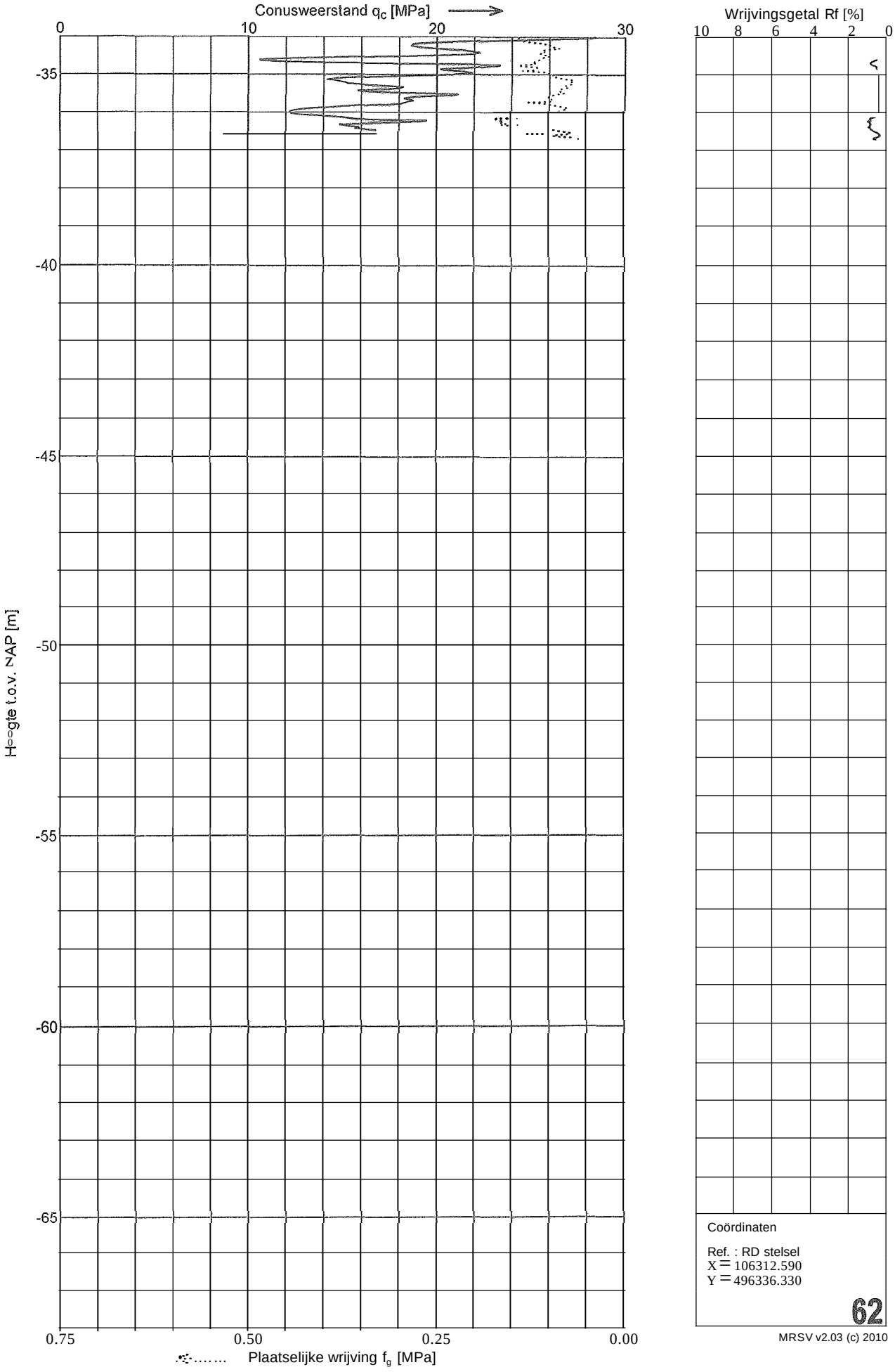
MOS GROMDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 0]0 5030200 - Fax OIO 5013656

Sondering 62

Opdracht	0013310	Conus nummer:	SIOCFI518
Plaats	Beverwijk	Soort conus :	Elektrisch
Datum	31-05-2011		
Betreft	Masten		

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2



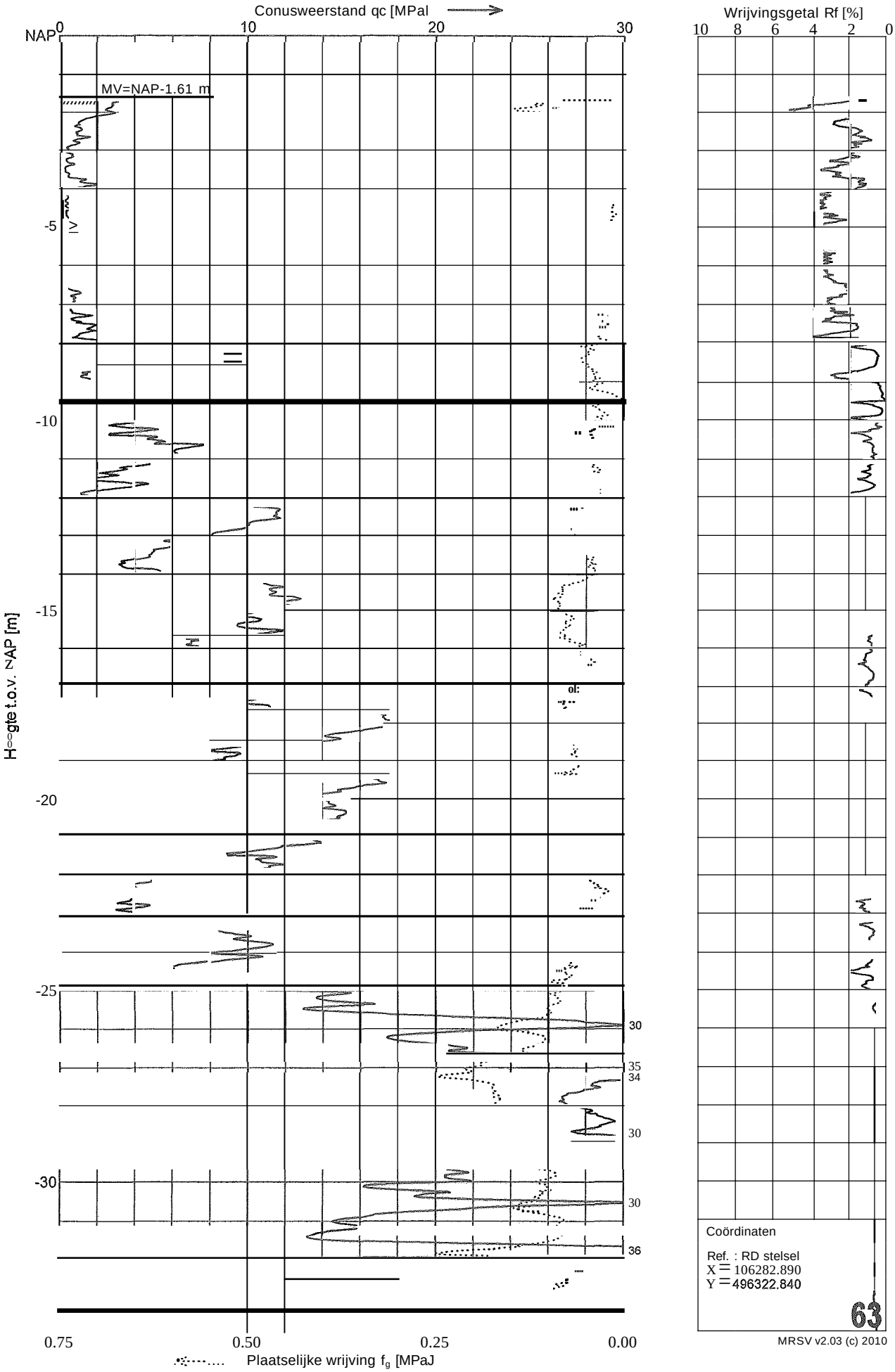
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

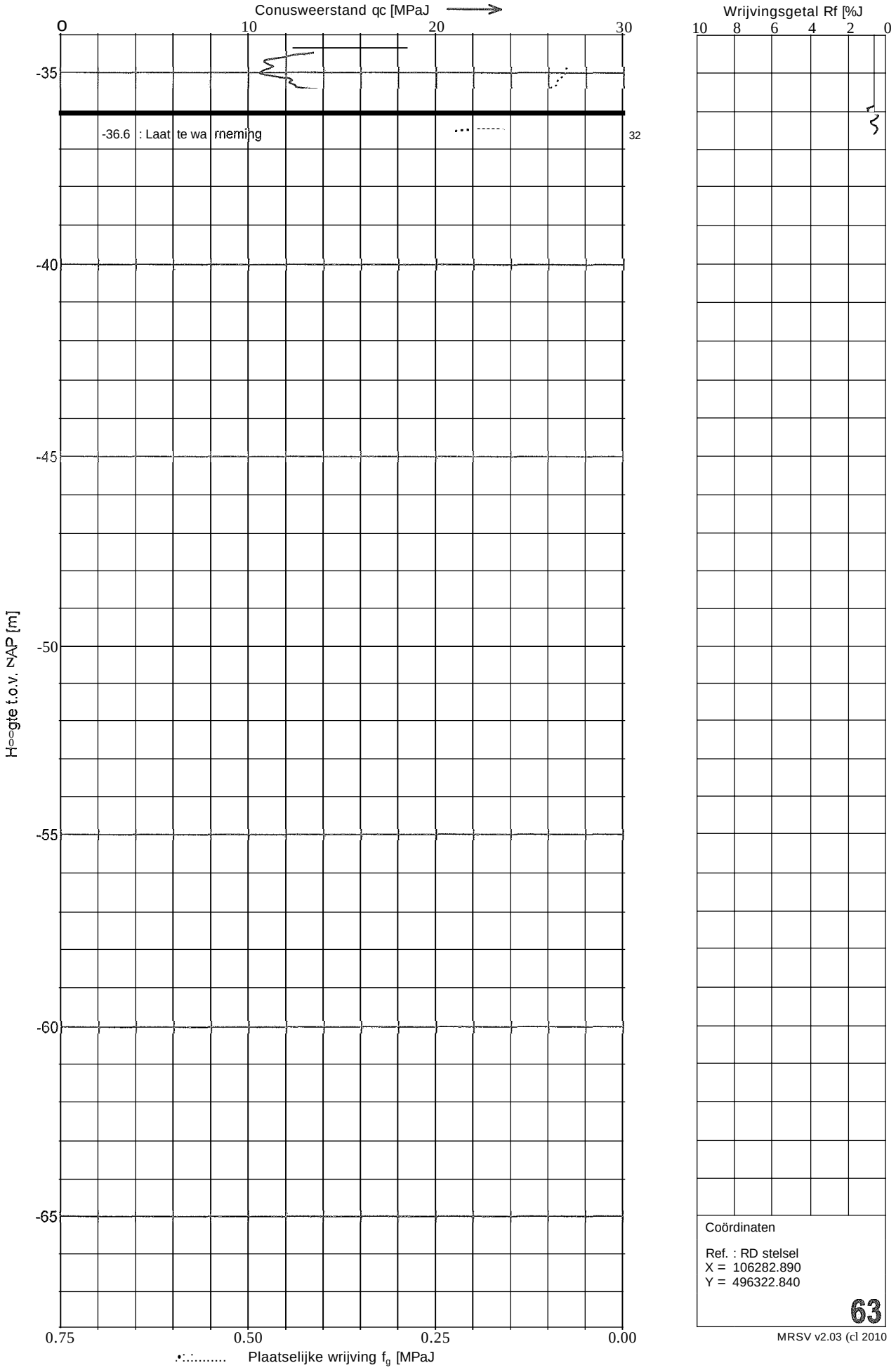
Sondering 63

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCFI518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Sondering 63

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCF1518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106282.890
Y = 496322.840

63

MRSV v2.03 (cl 2010

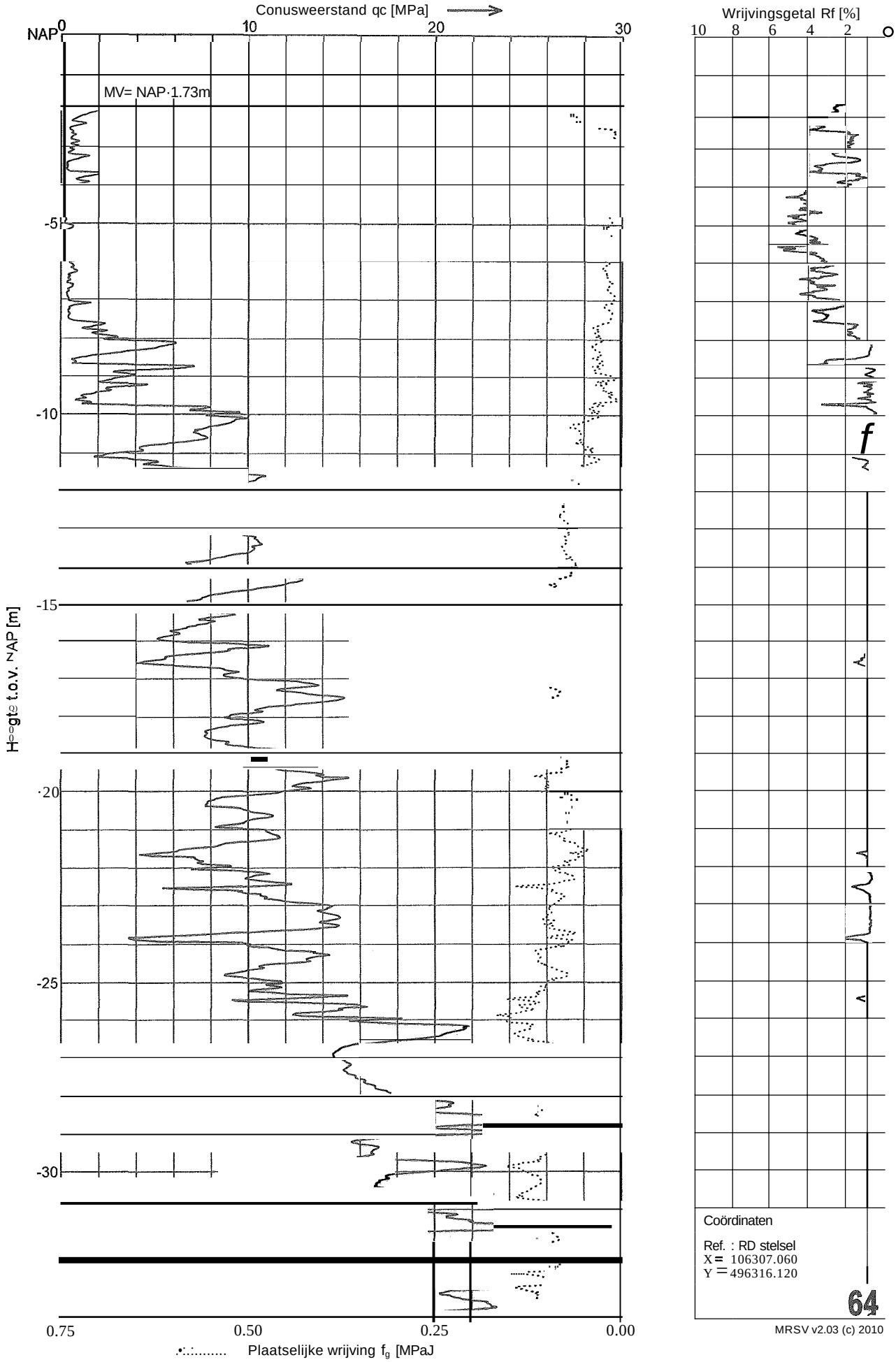
MOS GRONDMECHANICA

Sondering 64

Opdracht	0013310
Plaats	Beverwijk
Datum	31-05-2011
Betreft	Masten

Conus nummer: SI OCFI518
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106307.060
Y = 496316.120

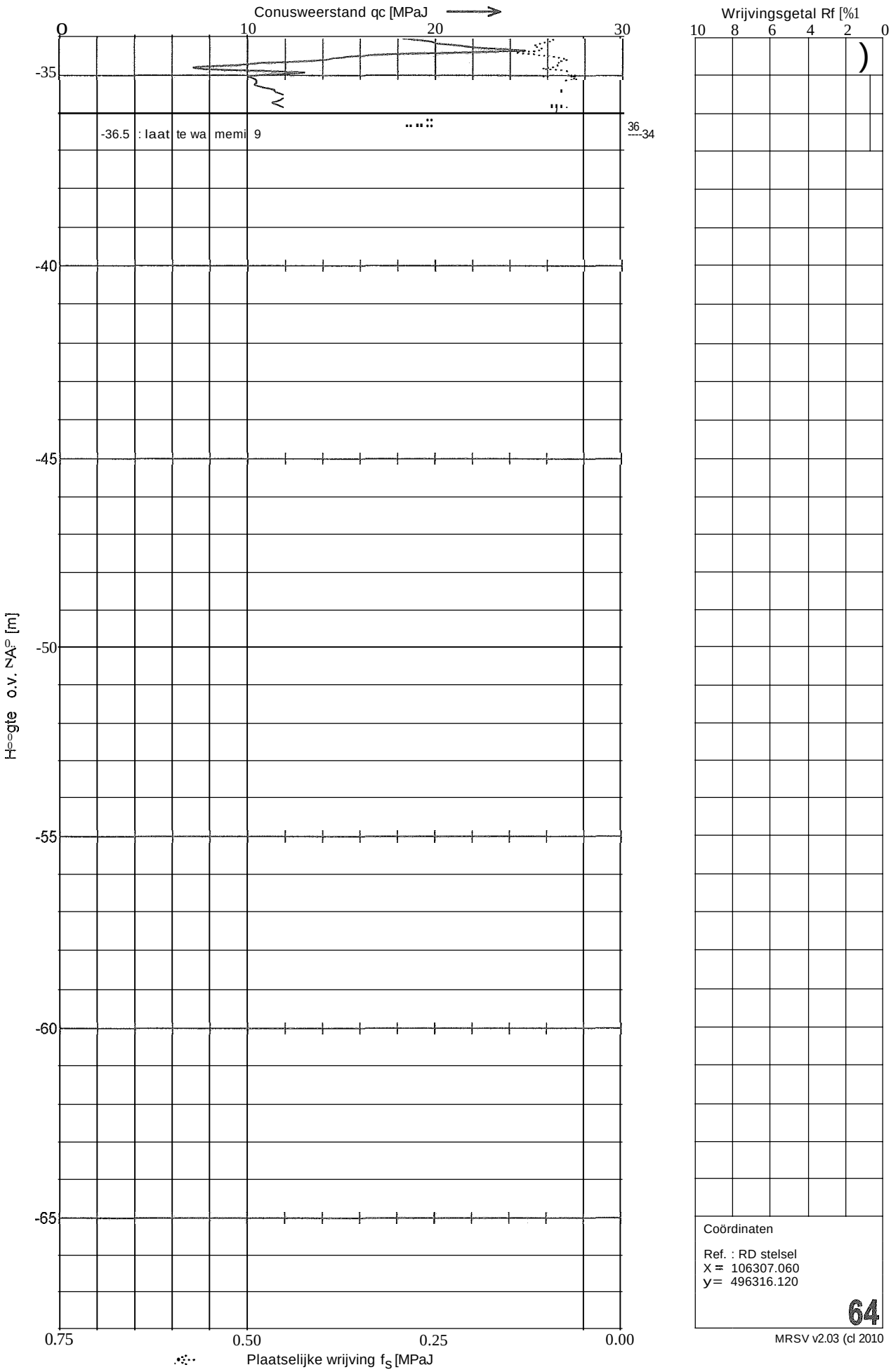
64

MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801,3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 64

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFI5 I8	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

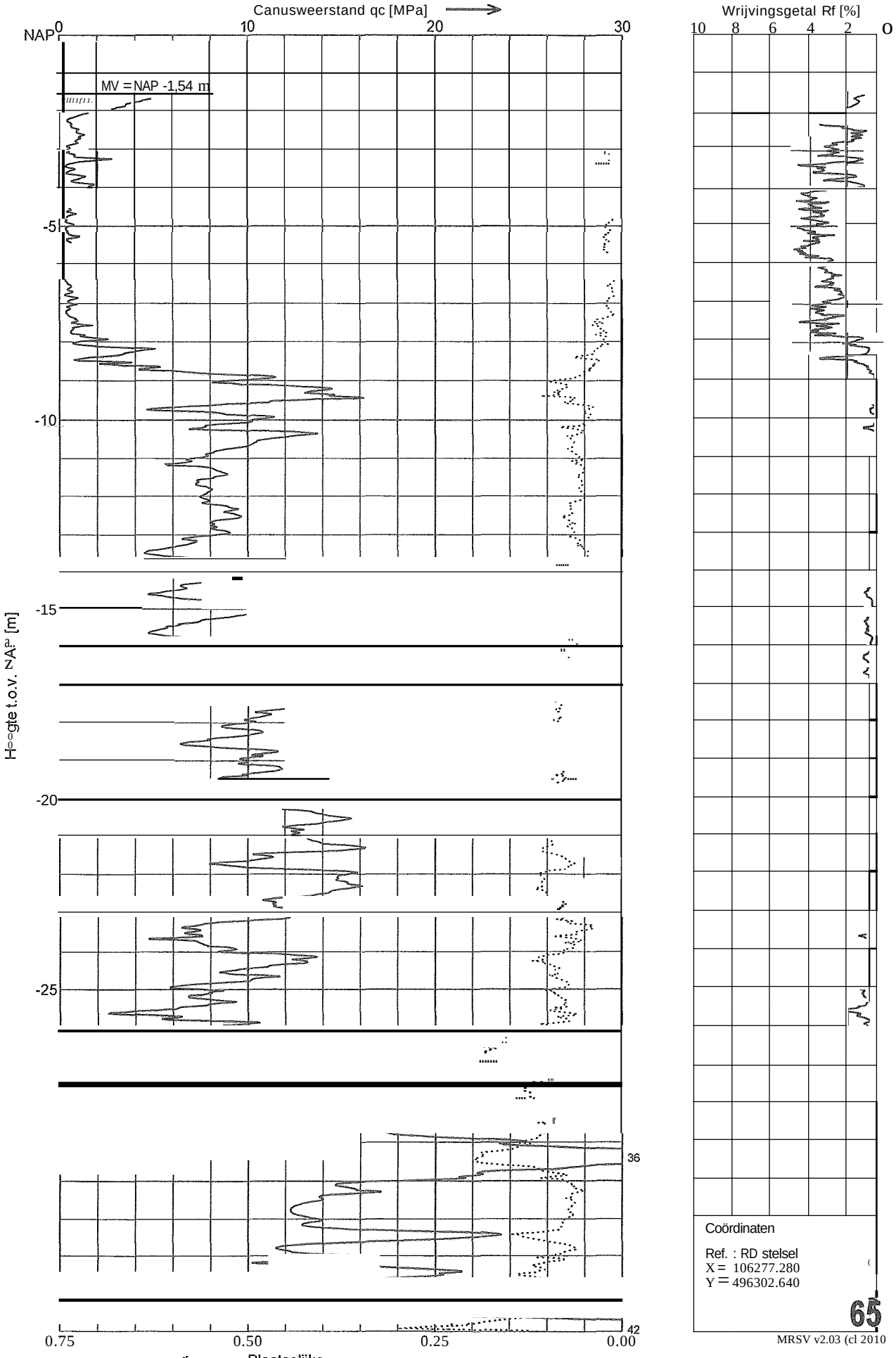
Ref. : RD stelsel
X = 106307.060
y = 496316.120

64

MRSV v2.03 (cl 2010

Sondering 65

Opdracht	00133JO	Conus nummer: SJOCFl5J8	NEN 5J40
PJaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	3J-05-20J 1		Pagina : J van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106277.280
Y = 496302.640

65

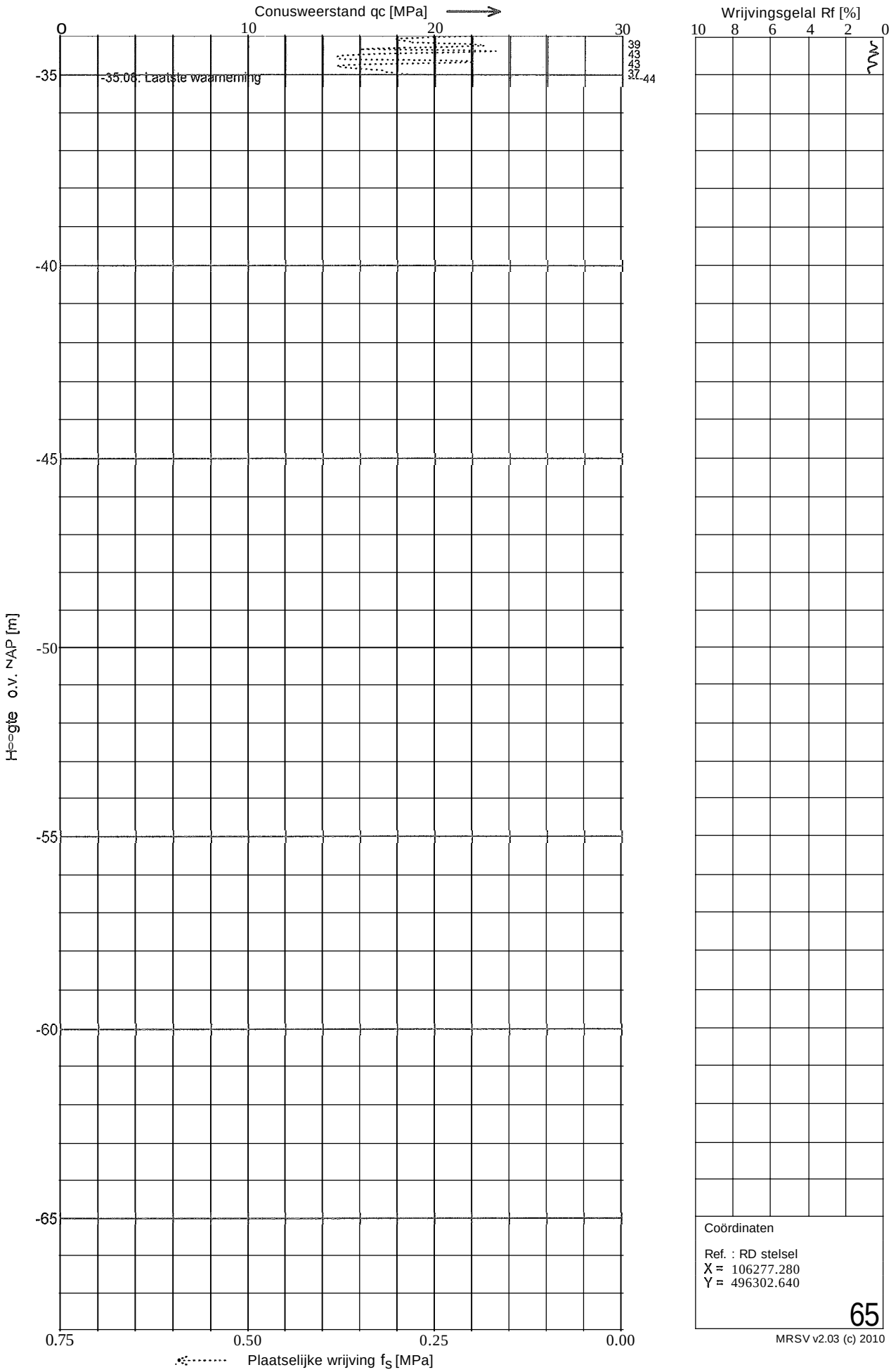
MRSV v2.03 (cl 2010

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoan - Telefoon OIO 5030200 - Fax 010 5013656

MOS GRONDMECHANICA

Sondering 65

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCF1518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina ; 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 106277.280
Y = 496302.640

65

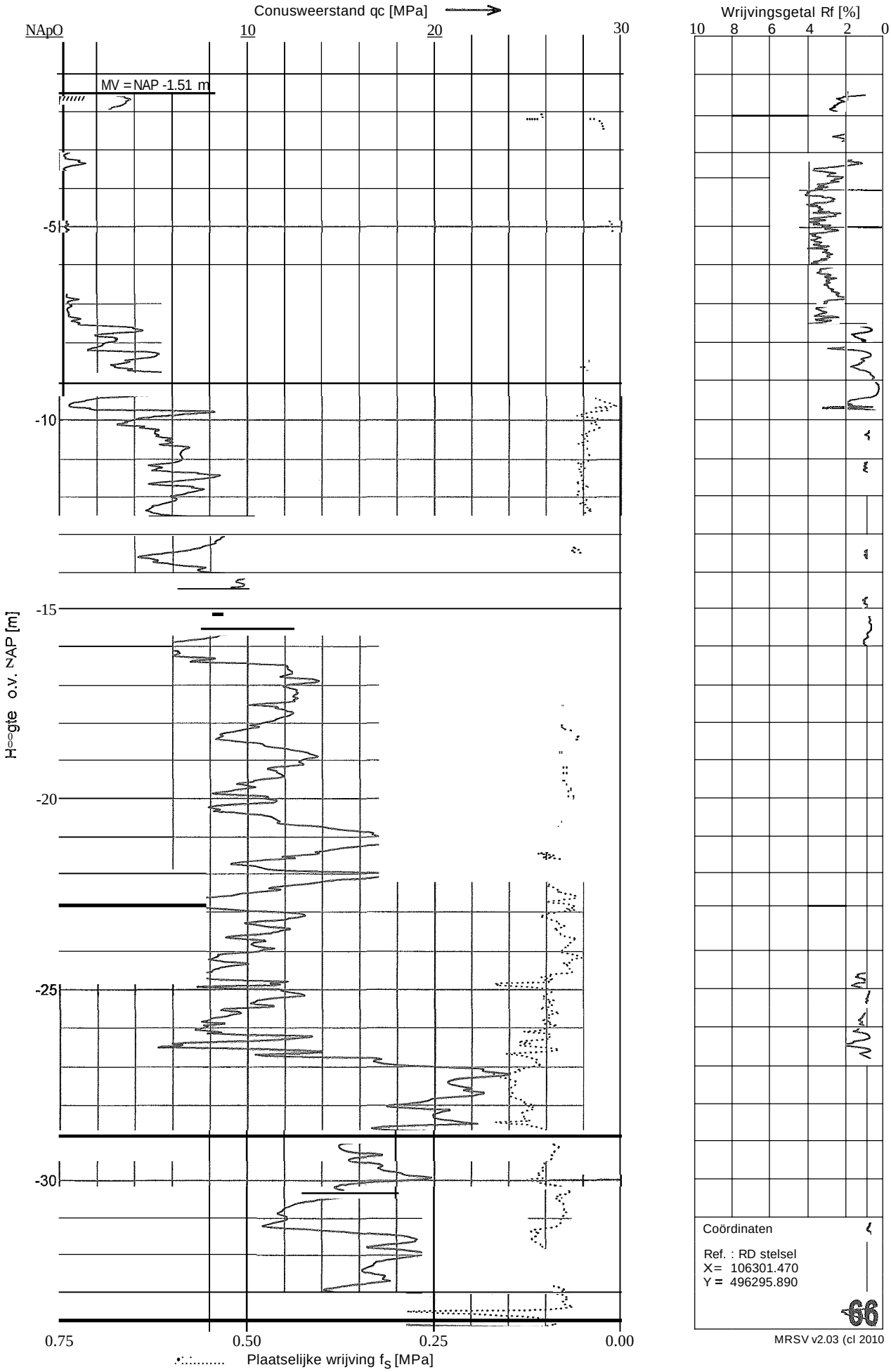
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO 5030200 - Fax OIO 5013656

Sondering 66

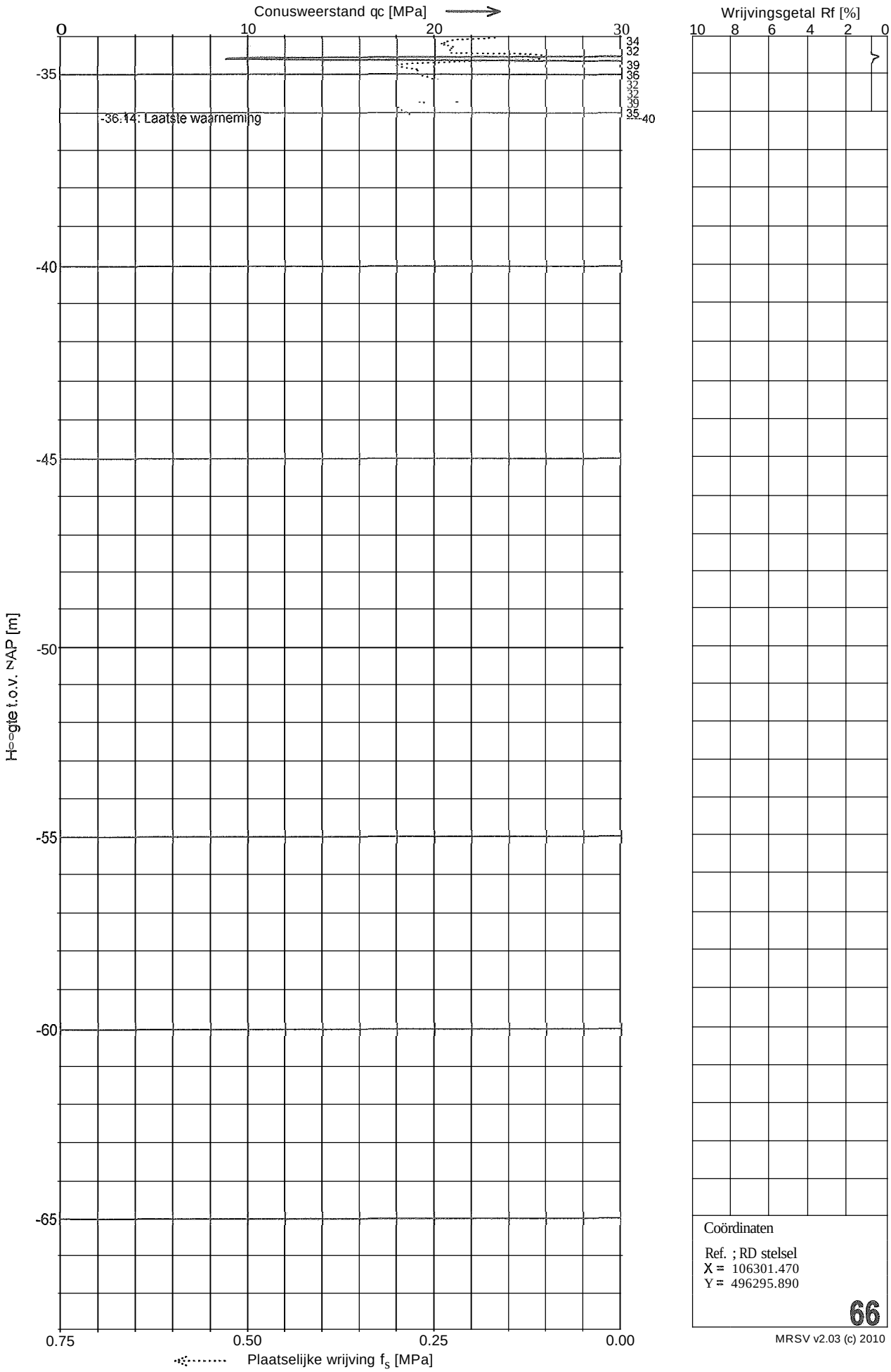
Opdracht	0013310	Conus nummer: SJ OCFlS I8	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		



MRSV v2.03 (cl 2010

Sondering 66

Opdracht	0013310	Conus nummer: SIOCF]518	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen : 12
Datum	31-05-2011		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

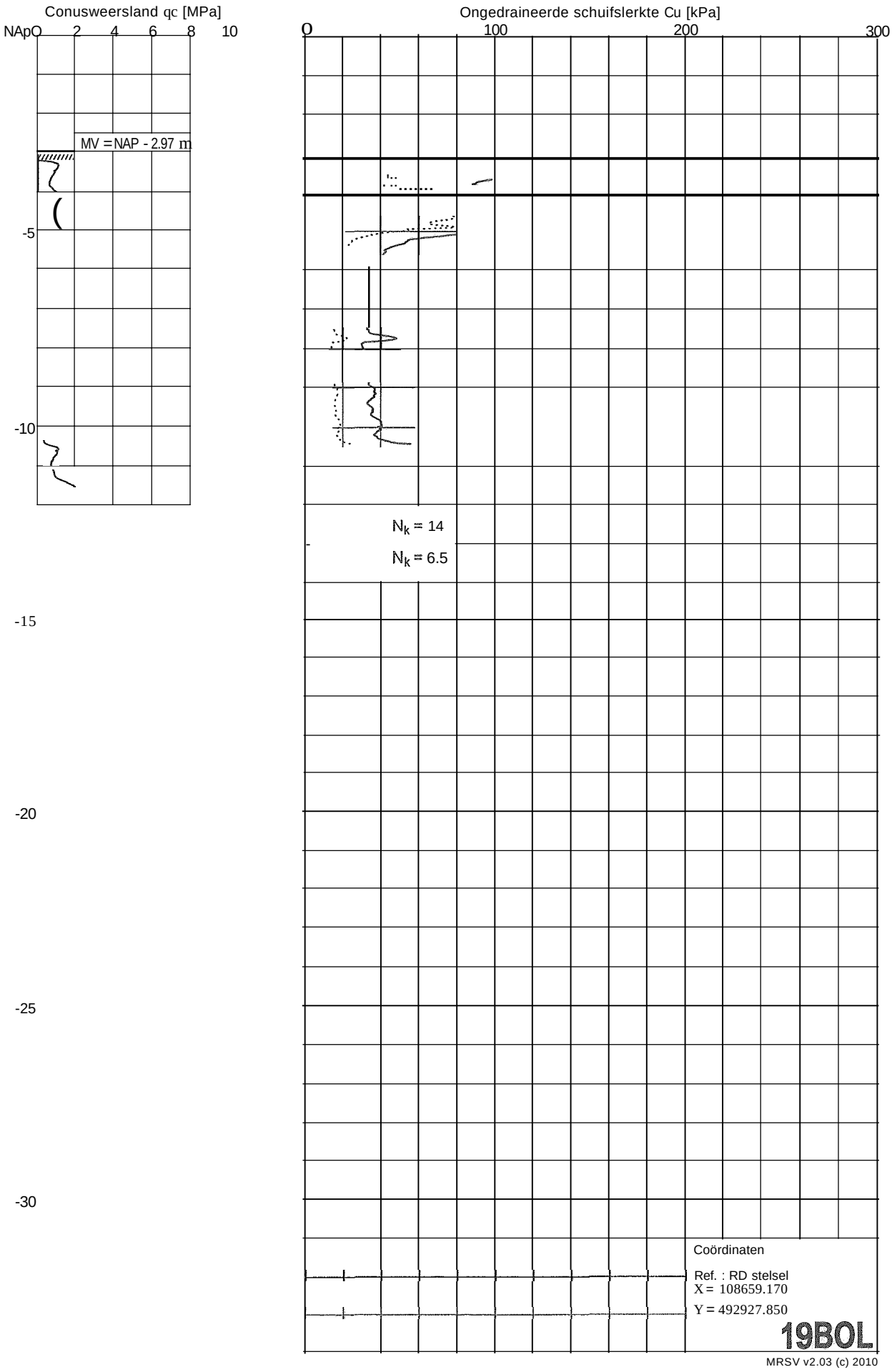
Ref. ; RD stelsel
X = 106301.470
Y = 496295.890

66

MRSV v2.03 (c) 2010

Sondering 19BOl

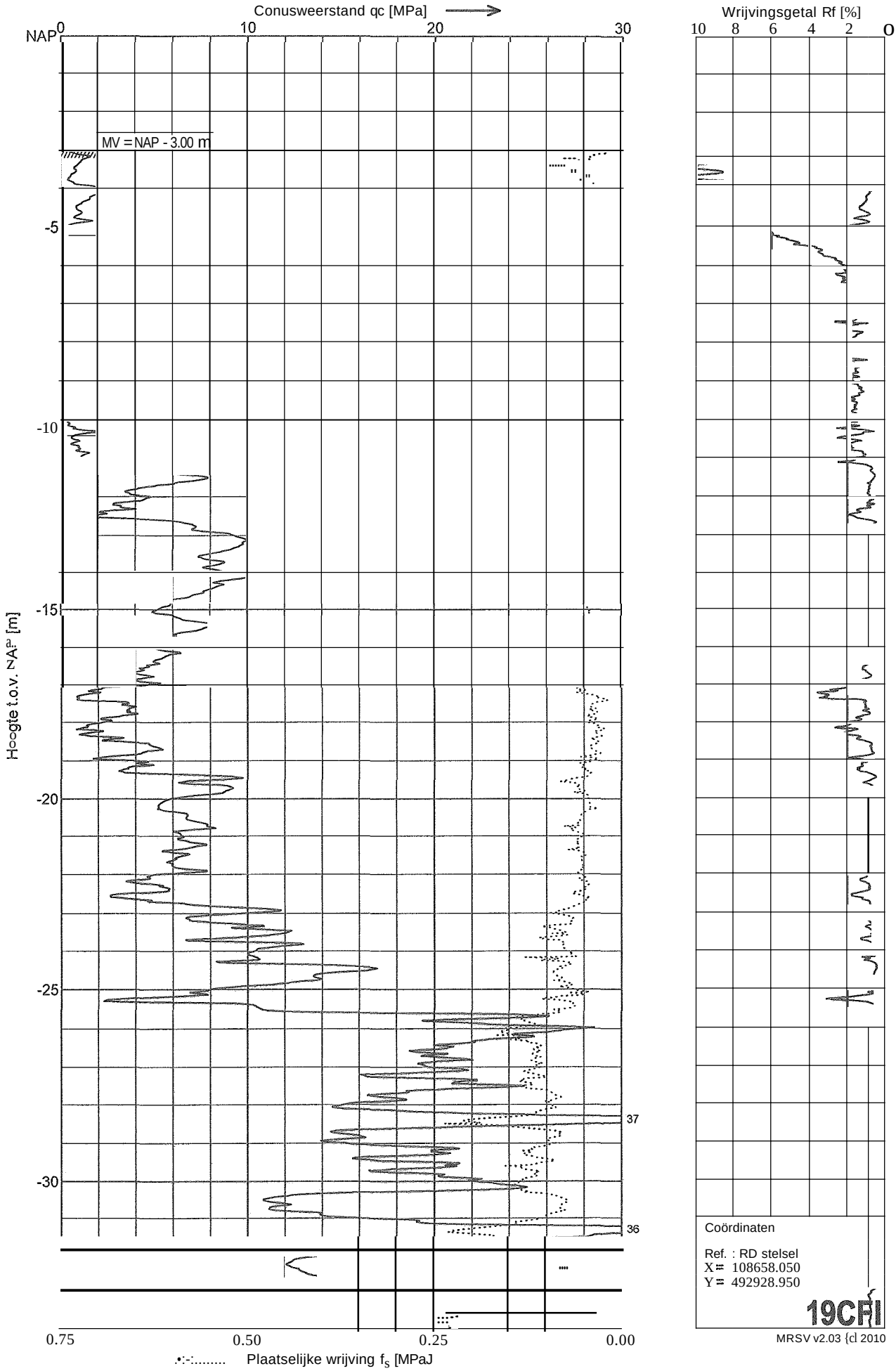
Opdracht	0013310	Conus nummer:	Cl 00CFIIP46	NEN 5140	
Plaats	Beverwijk	Soort conus	: Elektrisch	Wagen	: 1
Datum	31-03-2011			Pagina	: 1 van 1
Betreft	Masten				



MRSV v2.03 (c) 2010

Sondering 19CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: S1OCFlI614	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	31-03-2011		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		

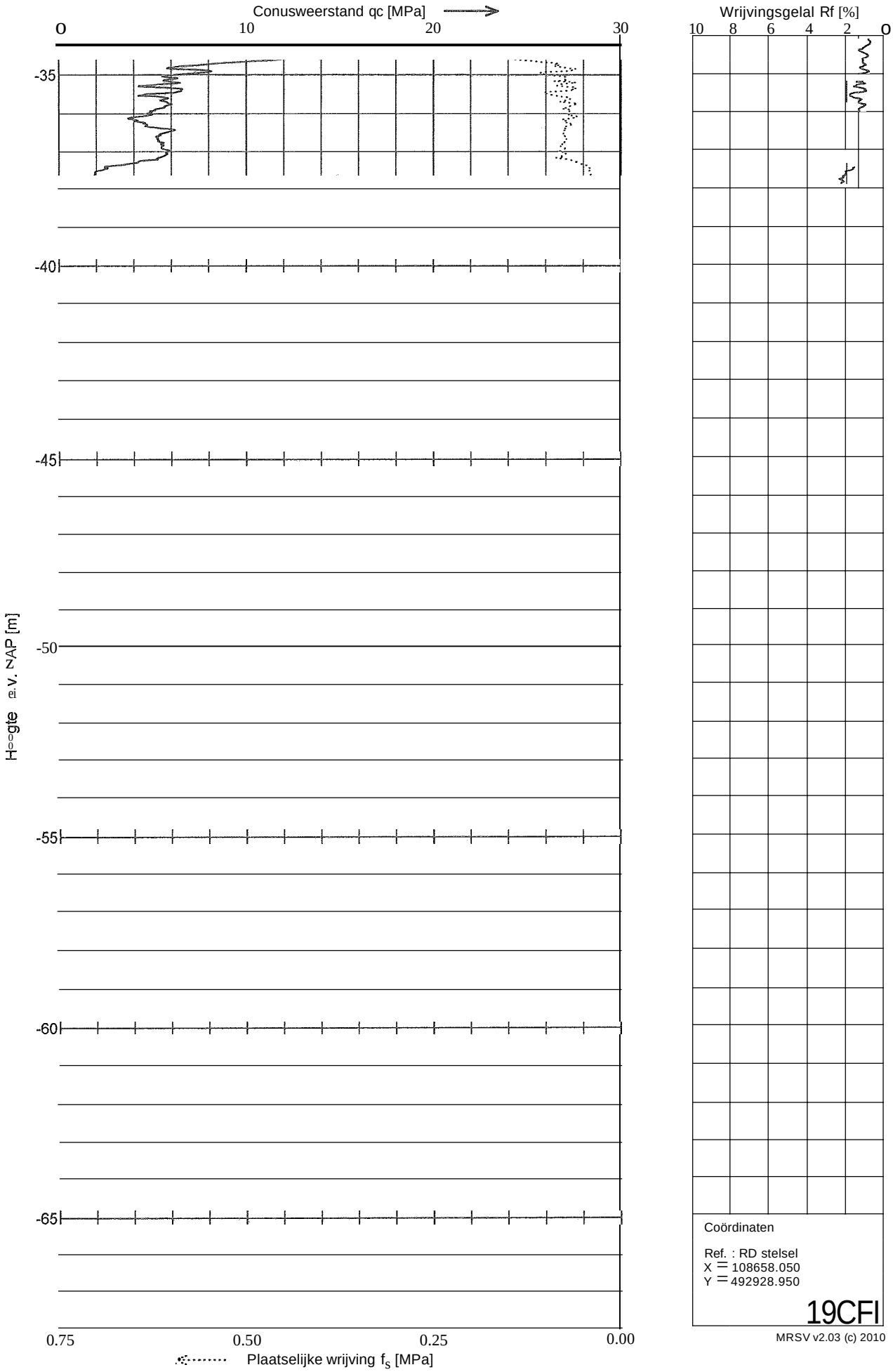


MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax OIO 5013656

Sondering 19CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SJ OCFlJ6 J4	NEN 5J40
PJaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: J
Datum	3J-03-20J J		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 108658.050
Y = 492928.950

19CFI

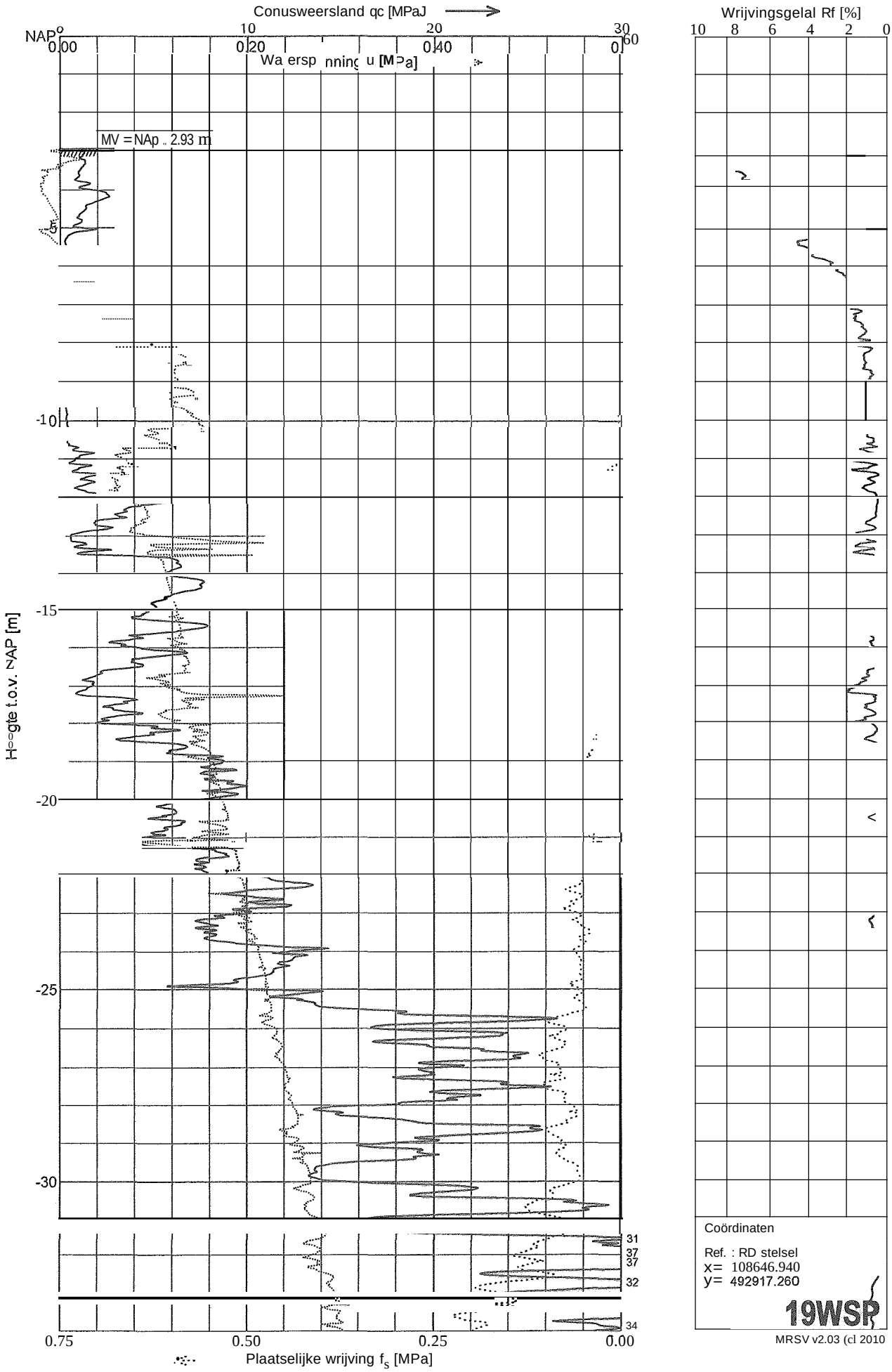
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax OIO 5013656

Sondering 19W5P

Opdracht	0013310	Conus nummer: Cl OCFIP315	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	31-03-2011		Pagina : 1 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

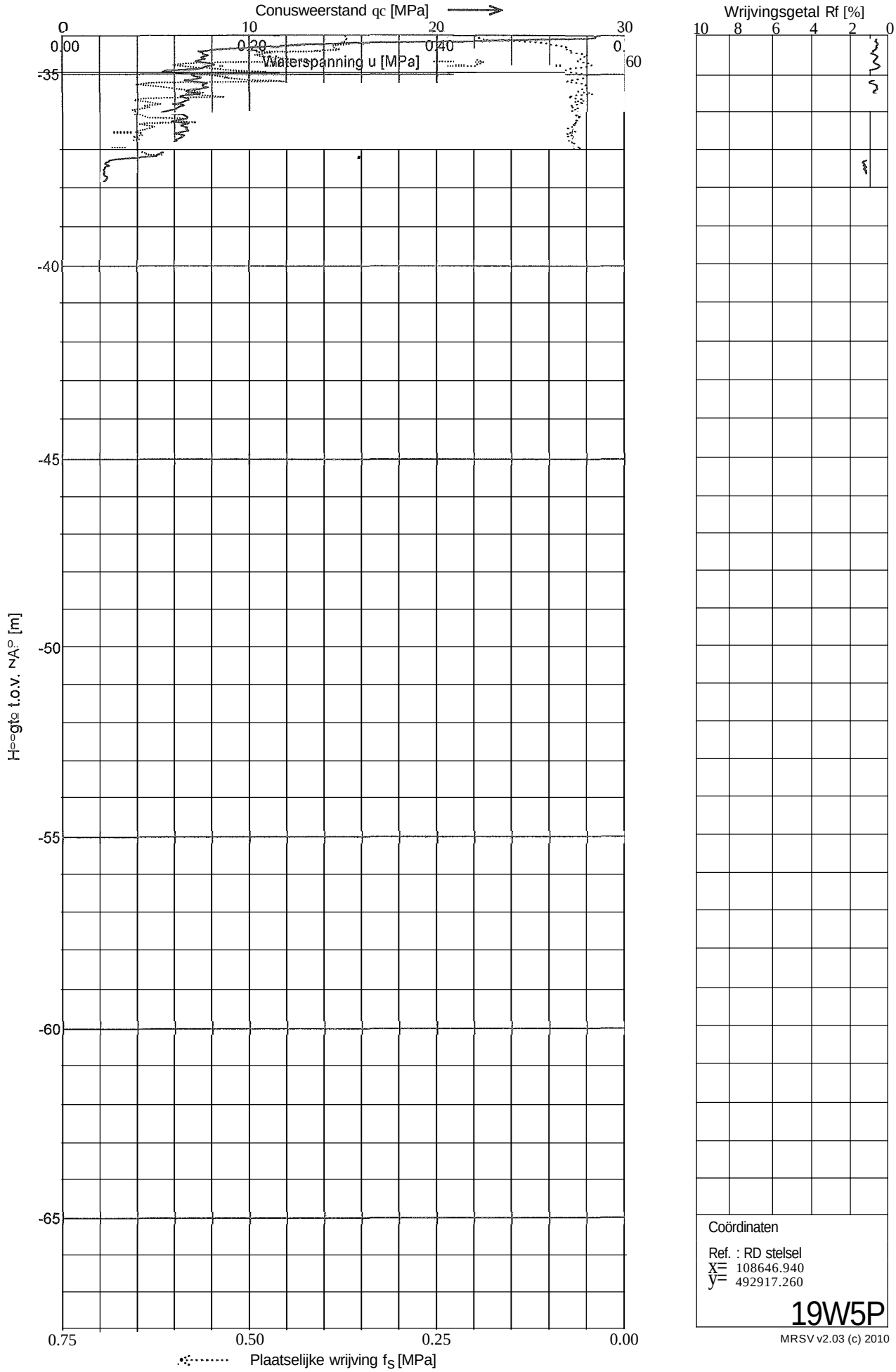
Ref. : RD stelsel
x= 108646.940
y= 492917.260

19WSP

MRSV v2.03 (cl 2010

Sondering 19W5P

Opdracht	0013310	Conus nummer: CJOCFIP3 J5	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	31-03-201 J		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
x= 108646.940
y= 492917.260

19W5P

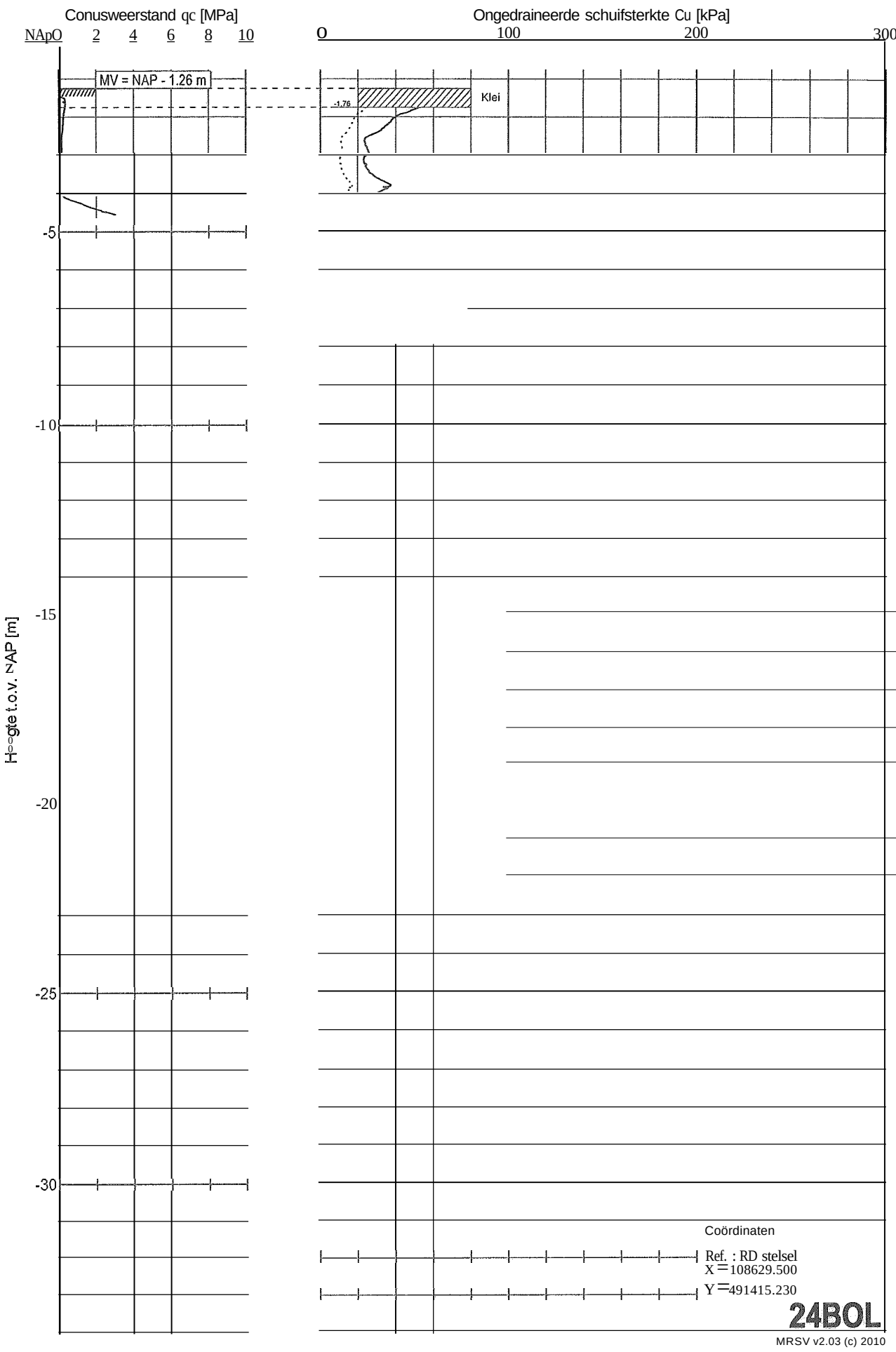
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon .. Telefoon 010 5030200 .. Fax 010 5013656

Sondering 24BOL

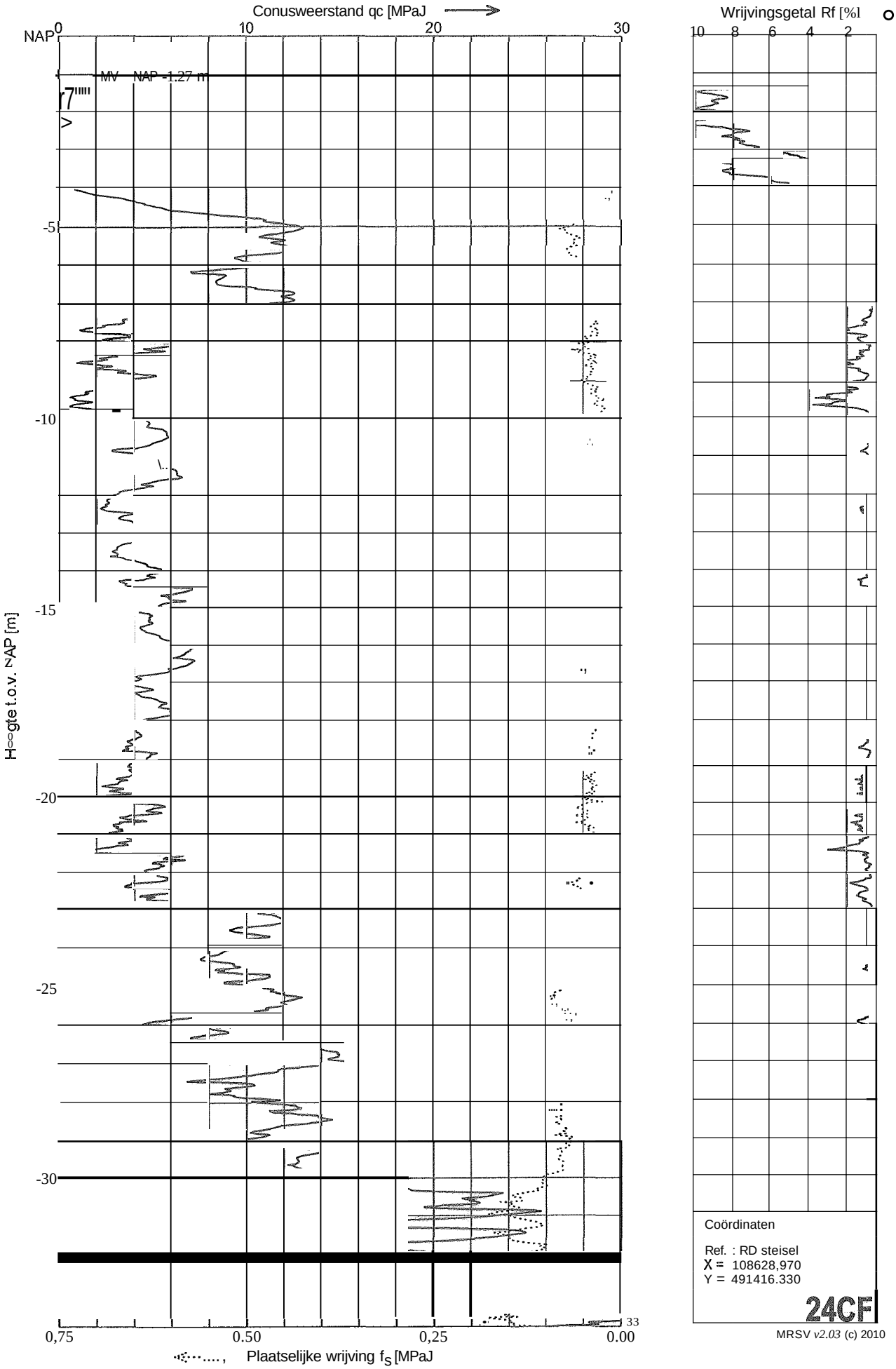
Opdracht	0013310	Conus nummer: Cl00CFIlP46	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: 1
Datum	31-03-2011		Pagina : 1 van 1
Betreft	Masten		



MOS GRONDMECHANICA

Sondering 24CFI

Opdracht	0013310	Conus nummer: SI OCFII614	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	31-03-2011		Pagina : I van 2
Betreft	Masten		

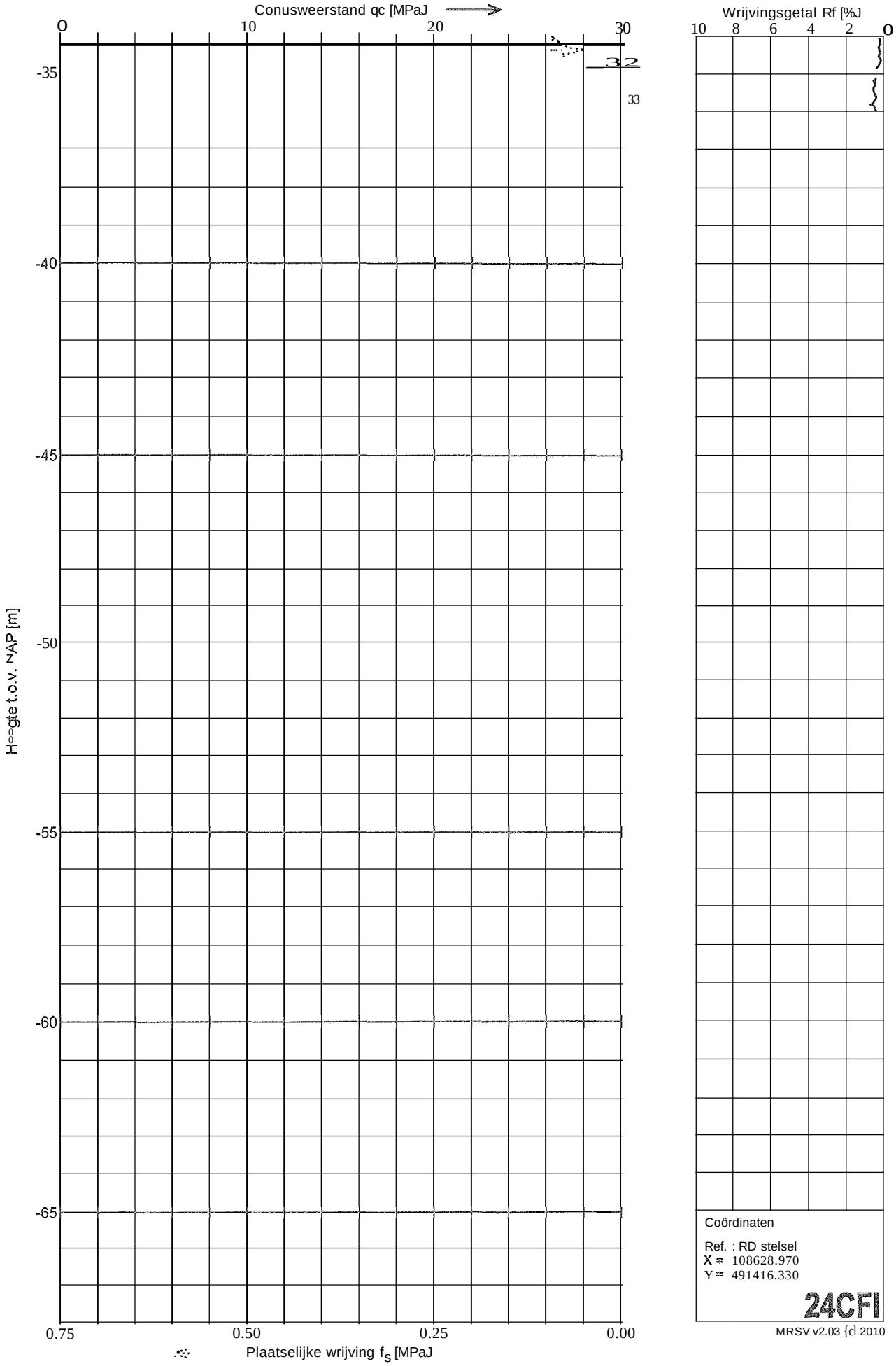


Sondering 24CFI

Opdracht	0013310
Plaats	Beverwijk
Datum	31-03-2011
Betreft	Masten

Conus nummer: SI OCFH614
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen: I
Pagina : 2 van 2



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 108628.970
Y = 491416.330

24CFI

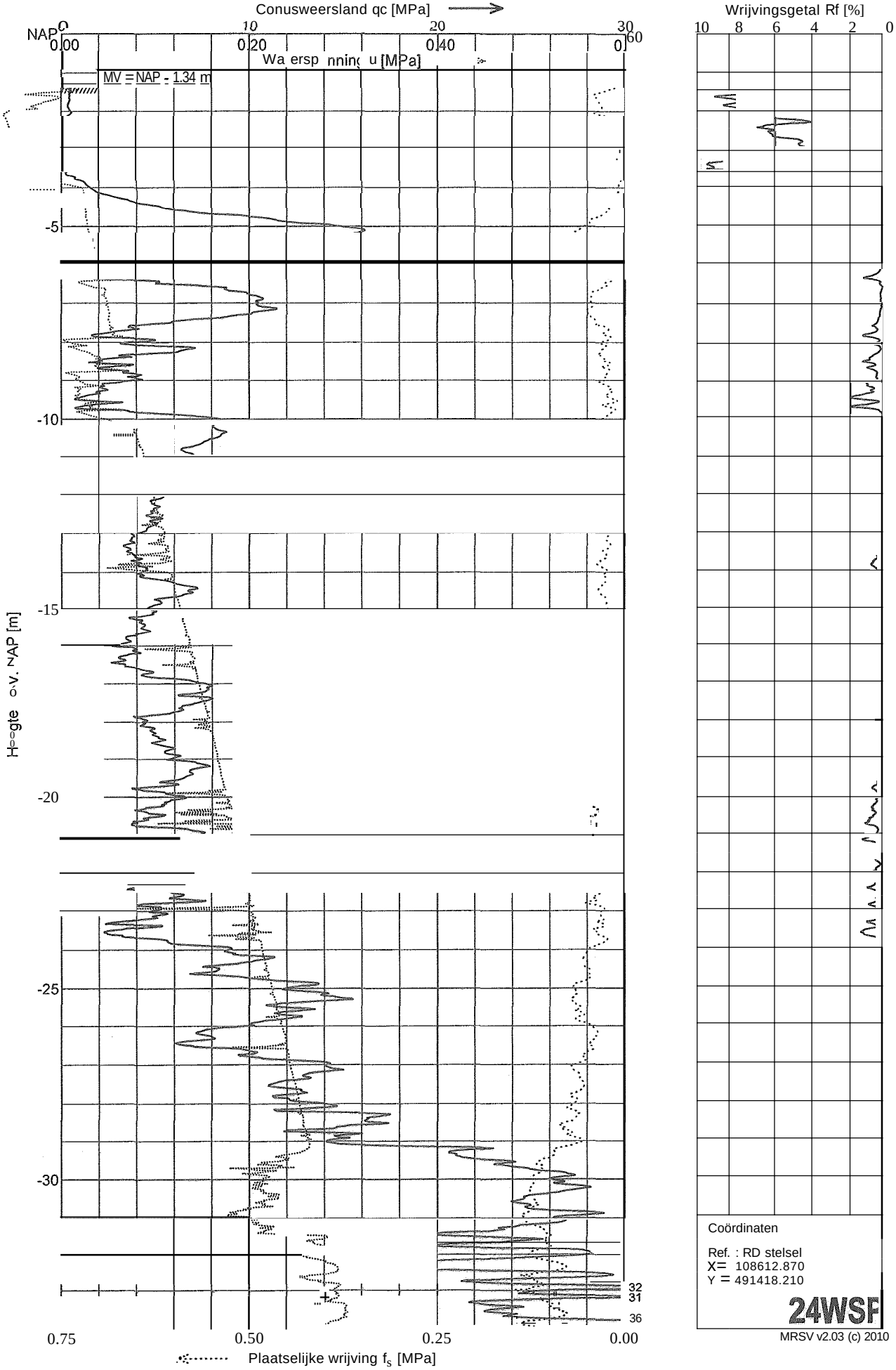
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - Fax 010 5013656

Sondering 24WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer: C1OCFIP315	NEN 5140
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	3]-03-20] 1		Pagina :] van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X= 108612.870
Y = 491418.210

24WSP

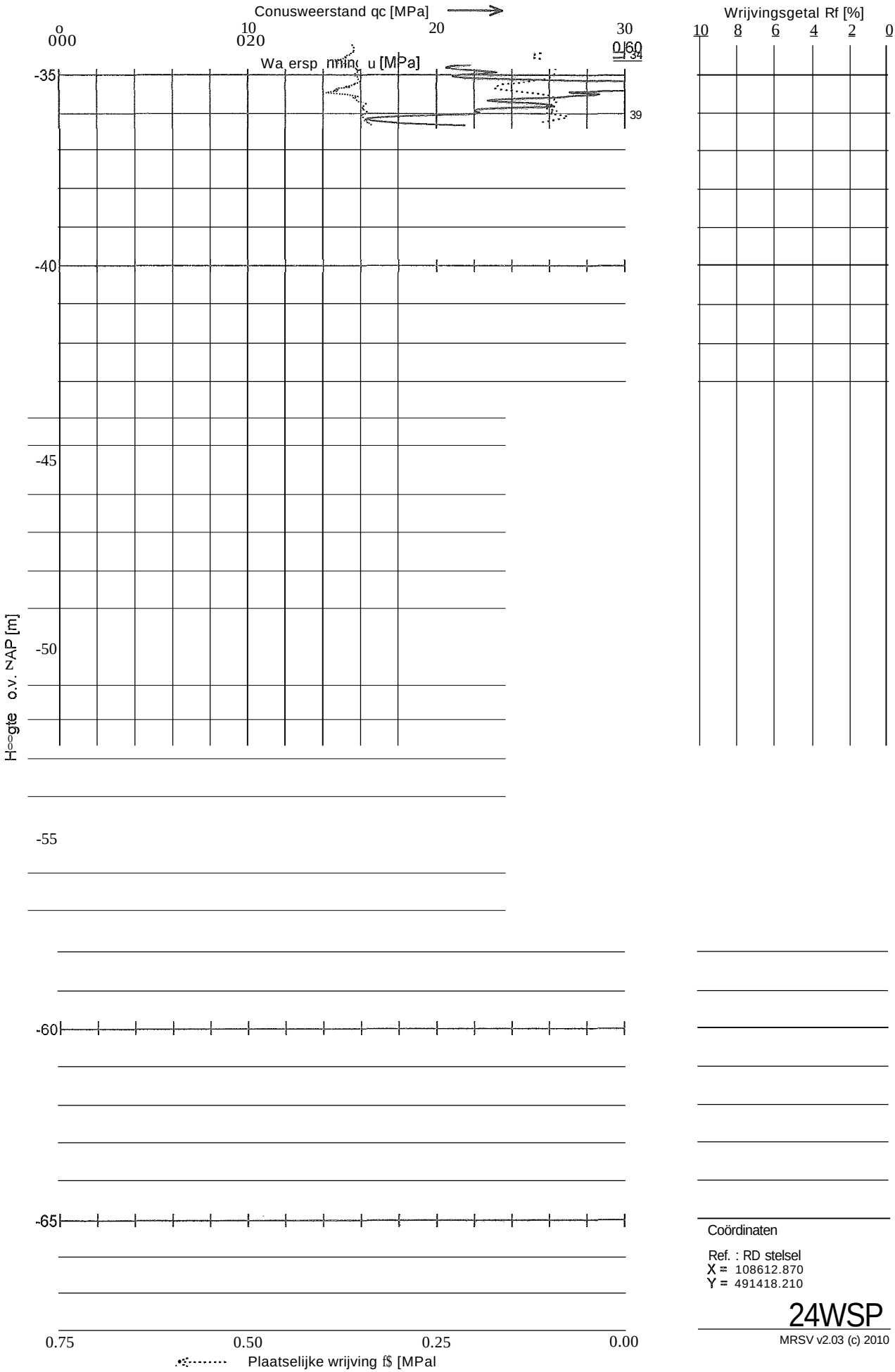
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Poslbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon 010 5030200 - FaxOJ05013656

Sondering 24WSP

Opdracht	00133JO	Conus nummer: Cl OCFIP3 J5	NEN 5J40
Plaats	Beverwijk	Soort conus : Elektrisch	Wagen: I
Datum	31-03-201]		Pagina : 2 van 2
Betreft	Masten		



Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 108612.870
Y = 491418.210

24WSP

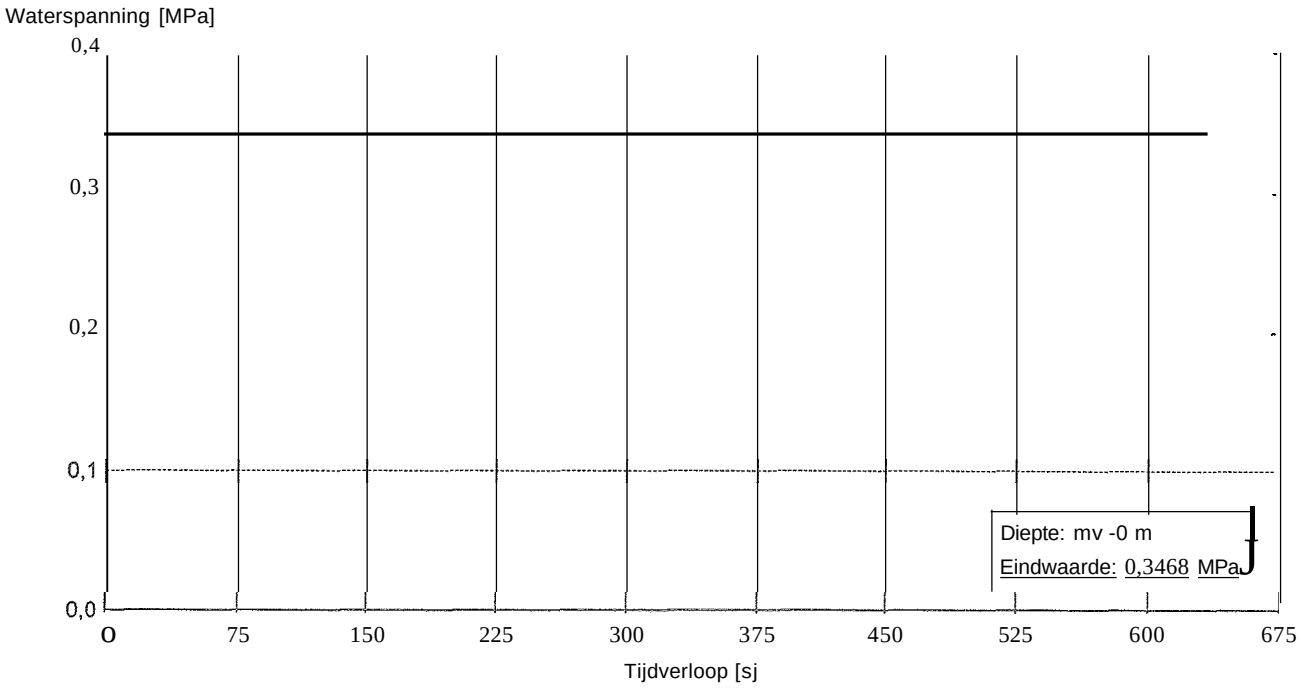
MRSV v2.03 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

MOS GRONDMECHANICA Postbus SOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon 0105030200 - FaxOlü5ü13656

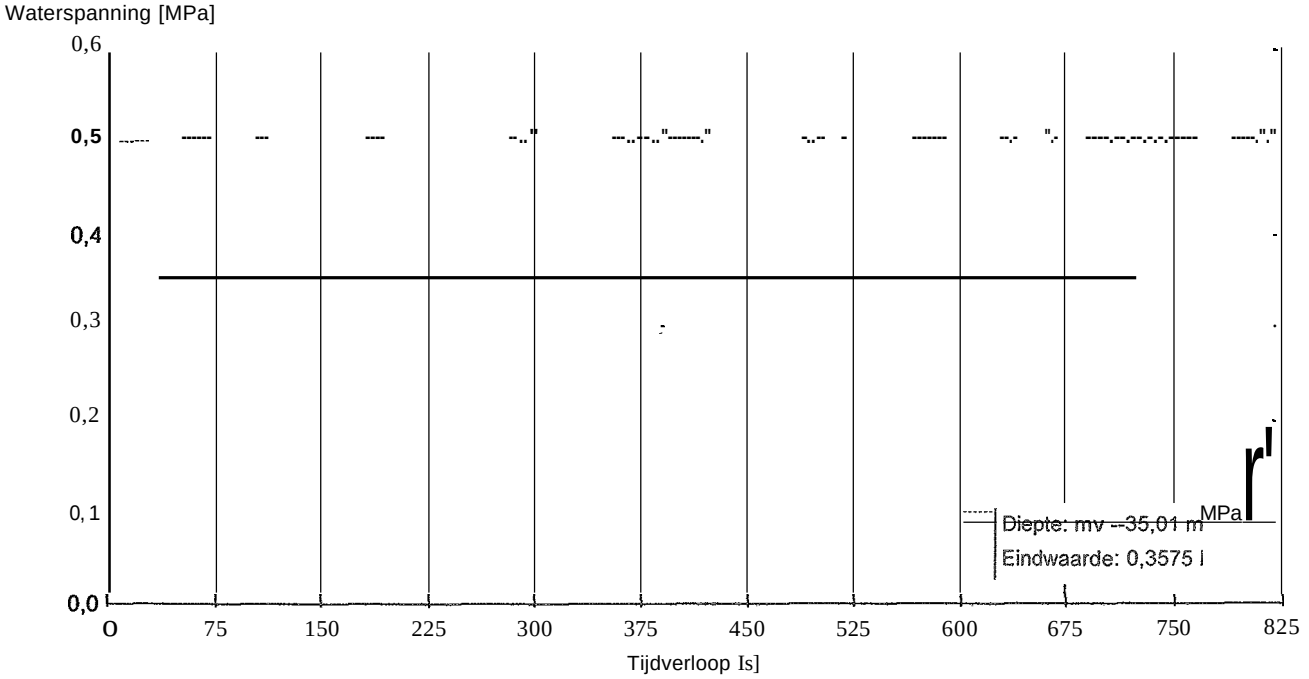
Sondering : 1WSP

TestNo : 1 X : 106946,83 mv : NAP -1,95m
Datum : 3-6-2010 Y : 498493,77

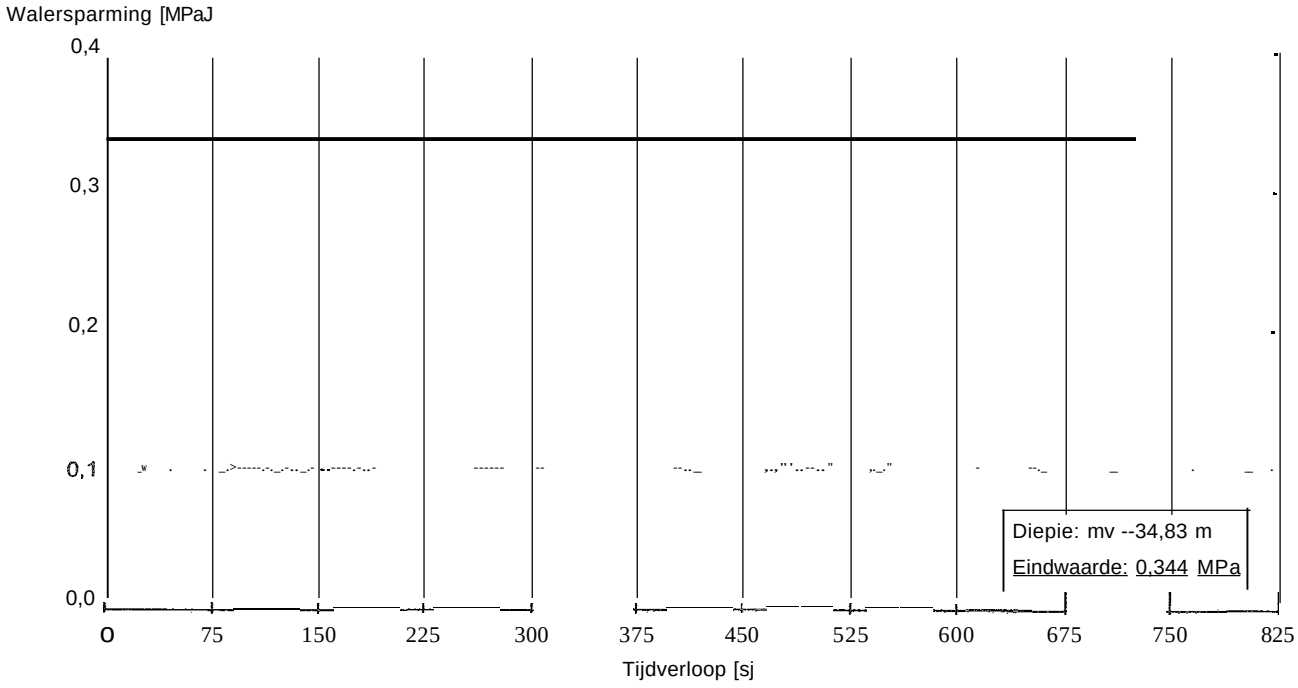


Sondering : 2WSM

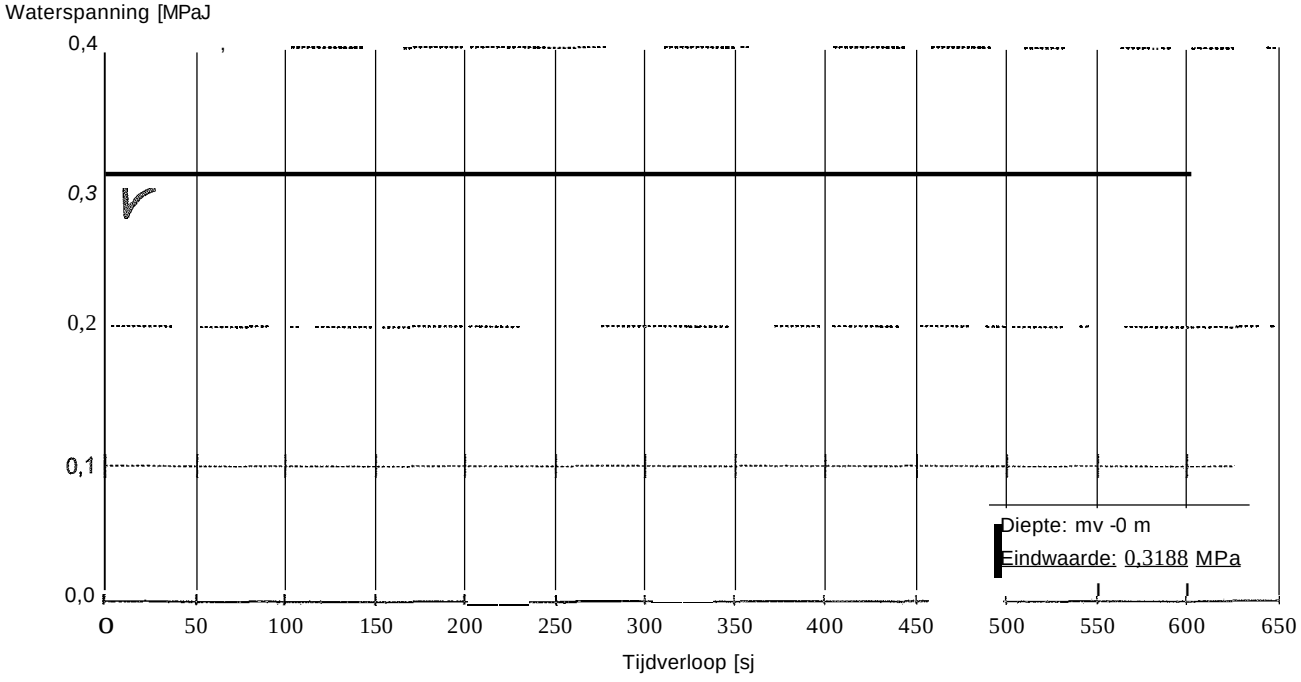
TestNo : 1 X mv :MVOm
Datum : 23-3-2011 Y



Sondering : 3WSM
TestNo : J X mv :MVOm
Datum : 23-3-2011 y



Sondering : 4WSM
TestNo : J X mv :MVOm
Datum : 23-3-2011 y



Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Project : Geotechnisch onderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding

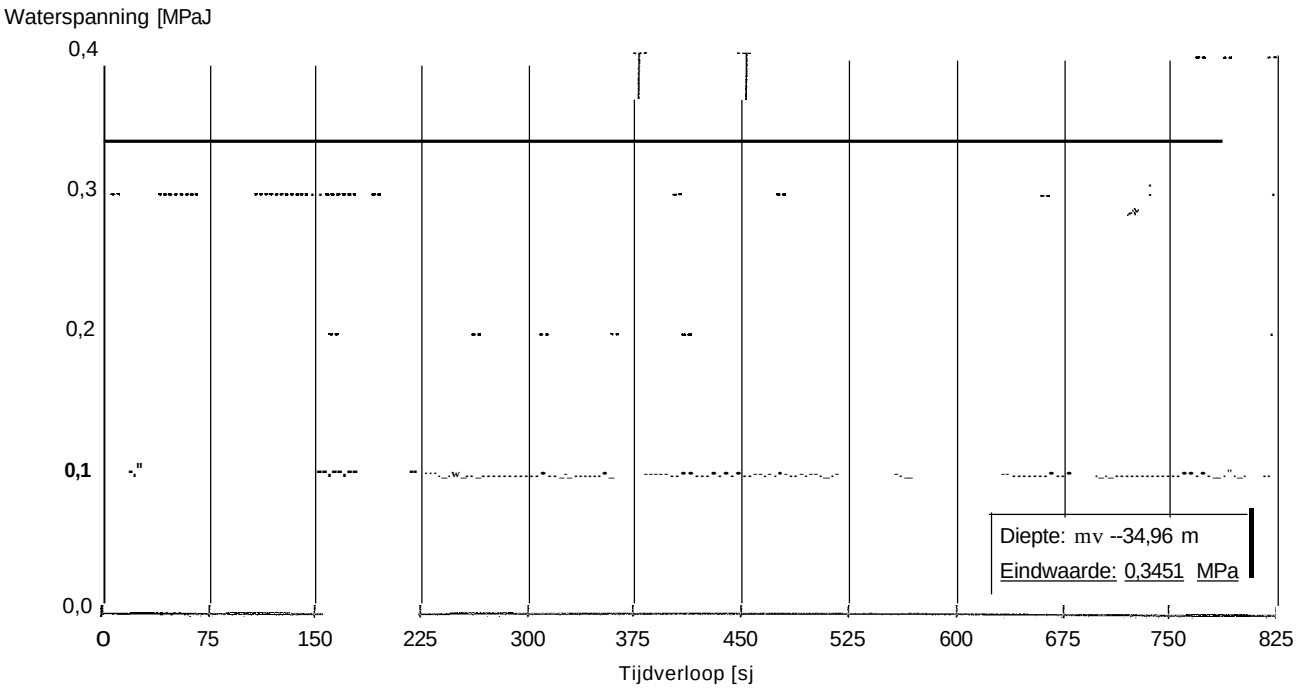
DISSIPATIE TEST

MOS GRONDMECHANICA

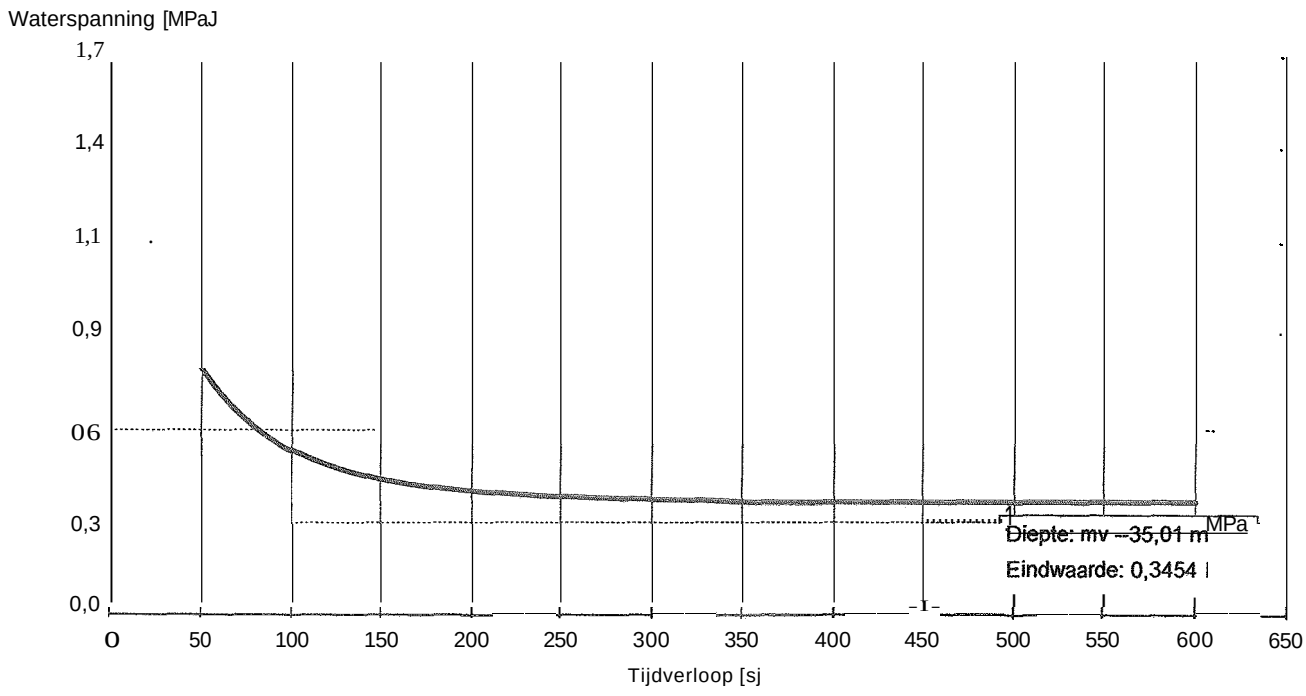
Sondering : 5wsm
TestNo : I
Datum : 22-3-2011

X
y

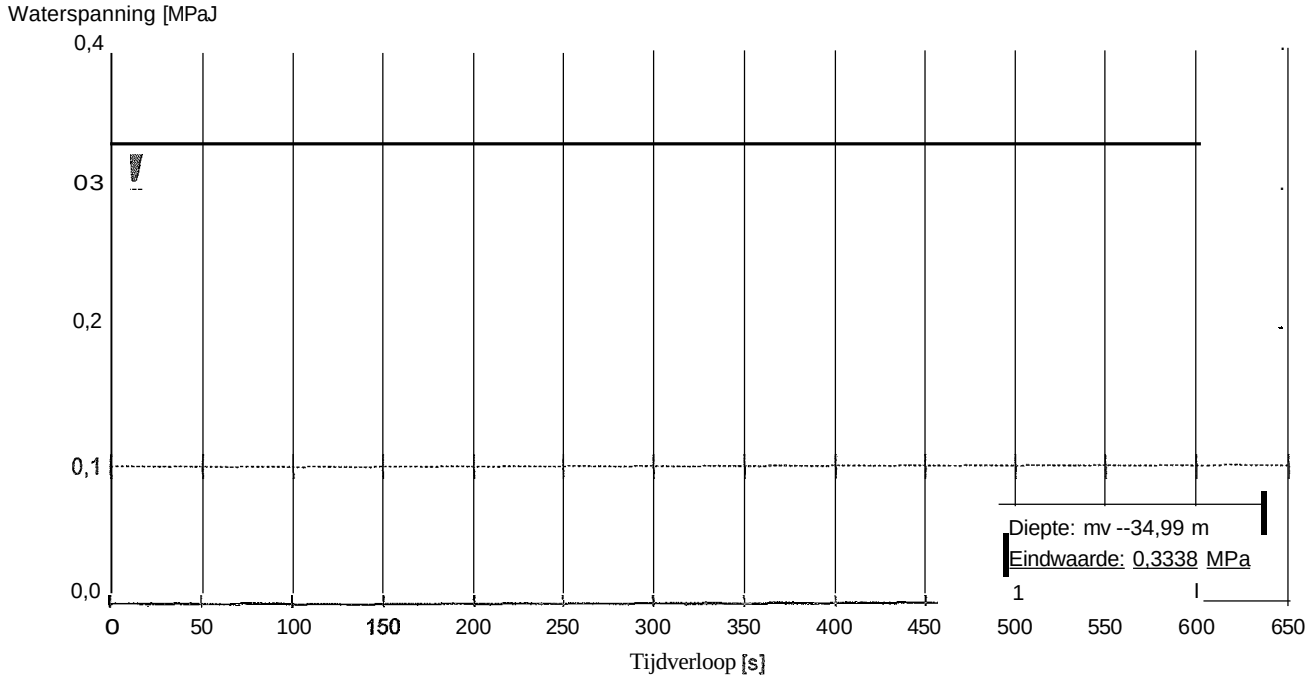
mv :MVOm



Sondering : 19WSM
TestNo : I X mv:MVOm
Datum : 31-3-20ll y



Sondering : 24WSM
TestNo : 1 X mv:MVOm
Datum : 31-3-20ll y



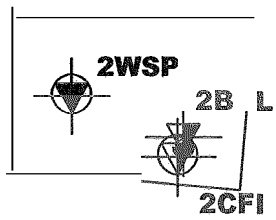
MOS GRONDMECHANICA

Opdr.nr. 0013310
Plaats Beverwijk
Project Geotechnisch onderzoek

Meting uitgevoerd in RD stelsel

Sondeer	X[m] Opgegeven	Y[m] Opgegeven	Sondeer nummer	X [m] Uitgezet	Y [m] Uitgezet	Z[m]	Verplaatsing
2bol	106925,57	498194,22	2bol	106925,56	498194,22	-2,31	0,01
2cfi	106925,82	498197,81	2cfi	106925,18	498192,95	-2,32	4,91
2wsp	106918,16	498196,98	2wsp	106918,14	498196,96	-2,37	0,02
3bol	106899,07	497847,21	3bol	106899,08	497847,21	-1,75	0,01
3cfi	106900,06	497848,55	3cfi	106900,06	497848,55	-1,73	0,00
3wsp	106884,61	497853,49	3wsp	106884,63	497853,49	-1,81	0,02
4bol	106747,58	497513,97	4bol	106744,64	497514,14	-1,79	2,94
4cfi	106748,58	497515,31	4cfi	106746,37	497516,02	-1,78	2,32
4wsp	106733,13	497520,24	4wsp	106733,13	497520,25	-1,74	0,01
5bol	106588,88	497164,23	5bol	106583,84	497164,18	-1,95	5,04
5cfi	106589,30	497165,14	5cfi	106584,91	497165,32	-1,94	4,39
5wsp	106574,54	497171,33	5wsp	106579,20	497170,66	-1,92	4,71
51	106562,44	497155,68	51	106562,42	497155,70	-2,09	0,03
52	106585,24	497145,44	52	106585,22	497145,43	-2,07	0,03
53	106553,83	497136,52	53	106553,84	497136,53	-2,06	0,01
54	106576,64	497126,28	54	106576,64	497126,28	-2,05	0,00
55	106545,23	497117,37	55	106545,24	497117,35	-1,98	0,02
56	106568,04	497107,13	56	106568,03	497107,12	-1,99	0,01
61	106288,54	496343,03	61	106288,51	496343,09	-1,69	0,07
62	106312,63	496336,34	62	106312,59	496336,33	-1,73	0,04
63	106282,92	496322,80	63	106282,89	496322,84	-1,61	0,05
64	106307,01	496316,11	64	106307,06	496316,12	-1,73	0,03
65	106277,30	496302,56	65	106277,28	496302,64	-1,54	0,03
66	106301,39	496295,87	66	106301,47	496295,89	-1,51	0,01
19wsp	108647,46	492917,42	19wsp	108646,94	492917,26	-2,93	0,00
19cfi	108658,13	492928,94	19cfi	108658,05	492928,95	-3,00	0,02
19bol	108659,06	492928,56	19bol	108659,17	492927,85	-2,97	0,01
24wsp	108612,79	491418,18	24wsp	108612,87	491418,21	-1,34	0,05
24cfi	108629,02	491416,30	24cfi	108628,97	491416,33	-1,27	0,04
24bol	108628,54	491415,24	24bol	108629,50	491415,23	-i,	

Naam vast punt
Hoogte vast punt
Opgegeven door
Gewaterpast door Rijkswaterstaat
Datum waterpassing EVisser
Omschrijving vast punt 22-03-11
Meting uitgevoerd met laica gps



Verplaatst

Sondering

Boring

Bol sondering

Sondering met waterspanning

Sondering met pl.wrijving

Peilbuis

0 4 8 12 16 1,200

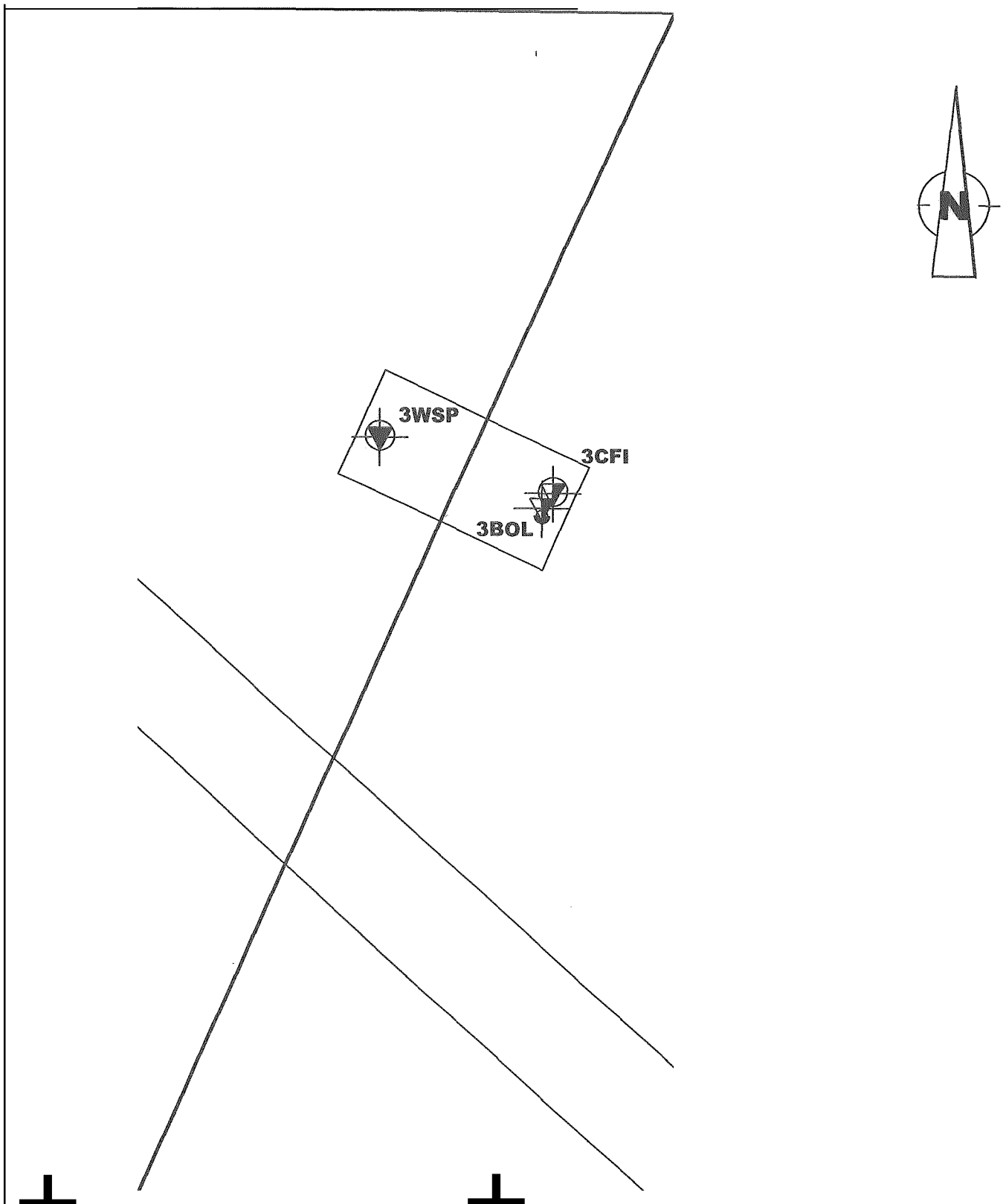
0 10 20 30 40 1:500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	opdr.nr. : 0013310			
wijz.				

project : Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk Locatie 2

MOS GRONDMECHANICA
Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010) 5030200 - Fax (010) 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg, 9-6-2011 6:59:52. cs. A4



Sondering

Boring

Bol sondering

Sondering met waterspanning

Sondering met pl.wrijving

Peilbuis

0 4 8 12 16 1: 200

0 10 20 30 40 1: 500

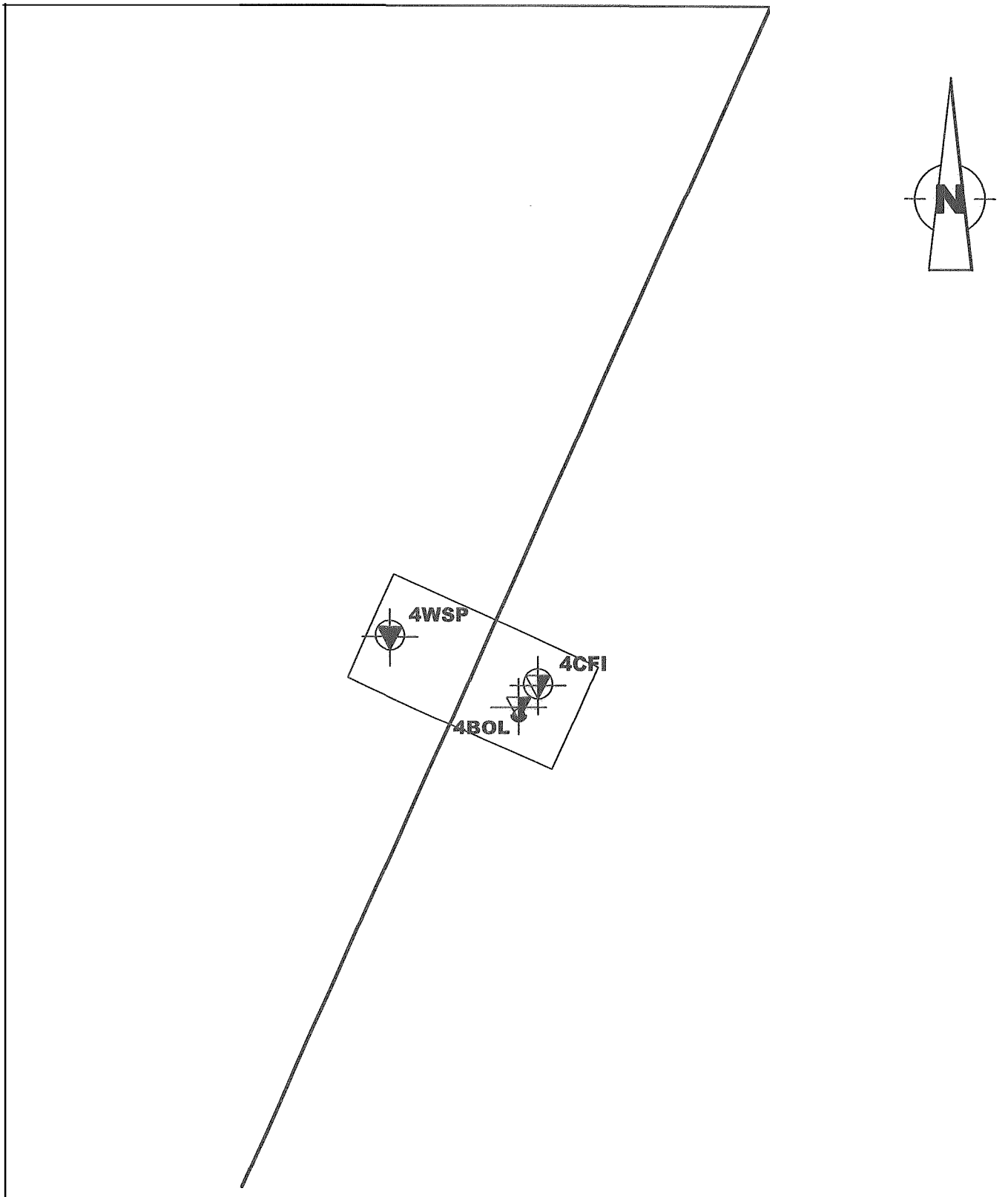
onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	opdr.nr. : 0013310			
wijz.				

project : Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk Locatie 3

MOS GRONDMECHANICA

Postbus aOl, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010} 5030200 - Fax (010} 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg, 9-6-2011 7:01:45. cs. A4



Sondering | Boring | Bol sondering | *Sondering met waterspanning*

Sondering met pl.wrijving | Peilbuis

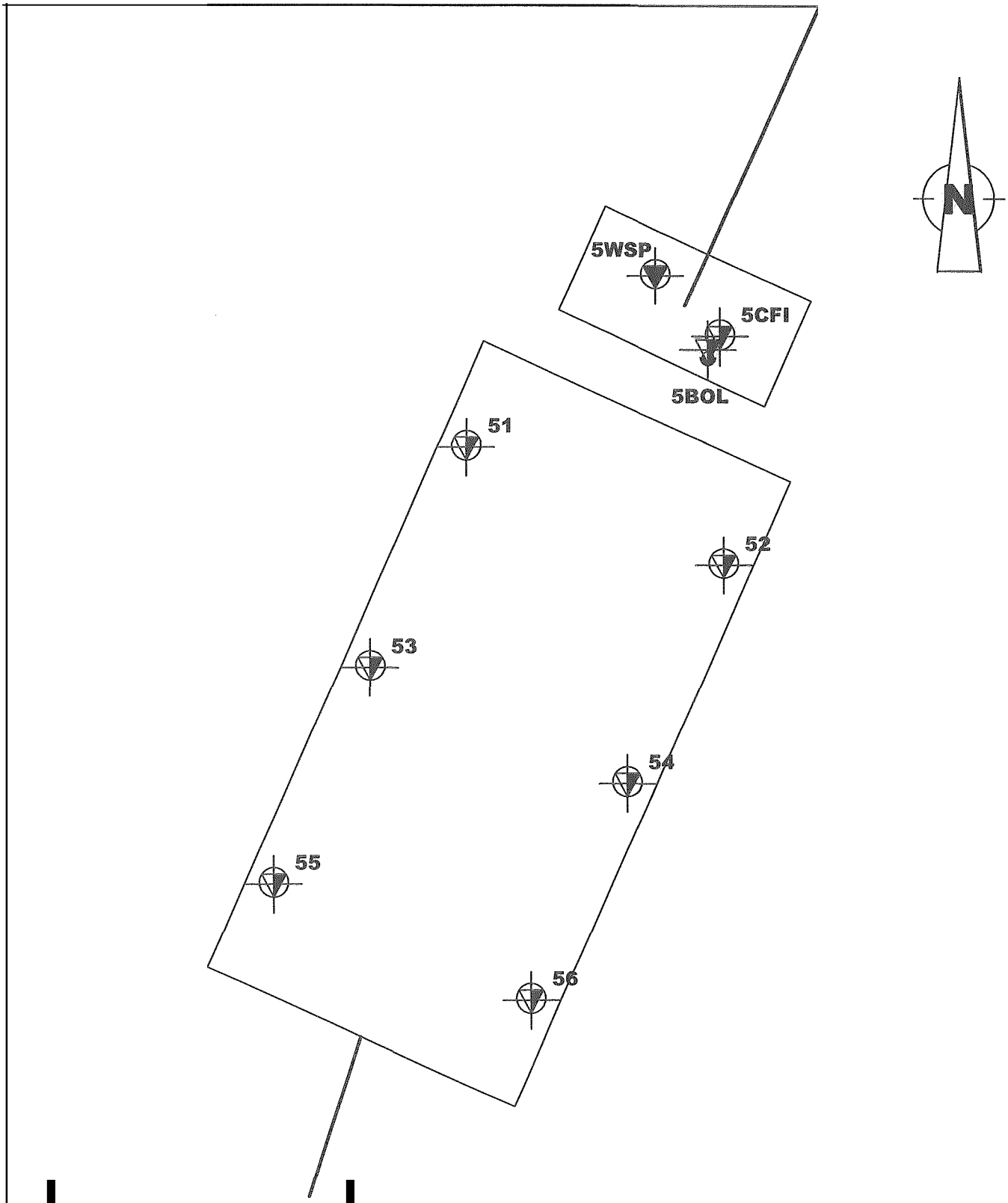
0 4 8 12 16 1,200
0 10 20 30 40 1,500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	3310			
wijz.				

project: Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het projed R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk
Locatie 4

MOS GRONDMECHANICA
Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010) 5030200 - Fax 1010) 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg. 9-6-2011 7:04:19. cs. A4



Sondering

Boring

Bol sondering

Sondering met waterspanning

Sondering met pl.wrijving

P'Hb'''

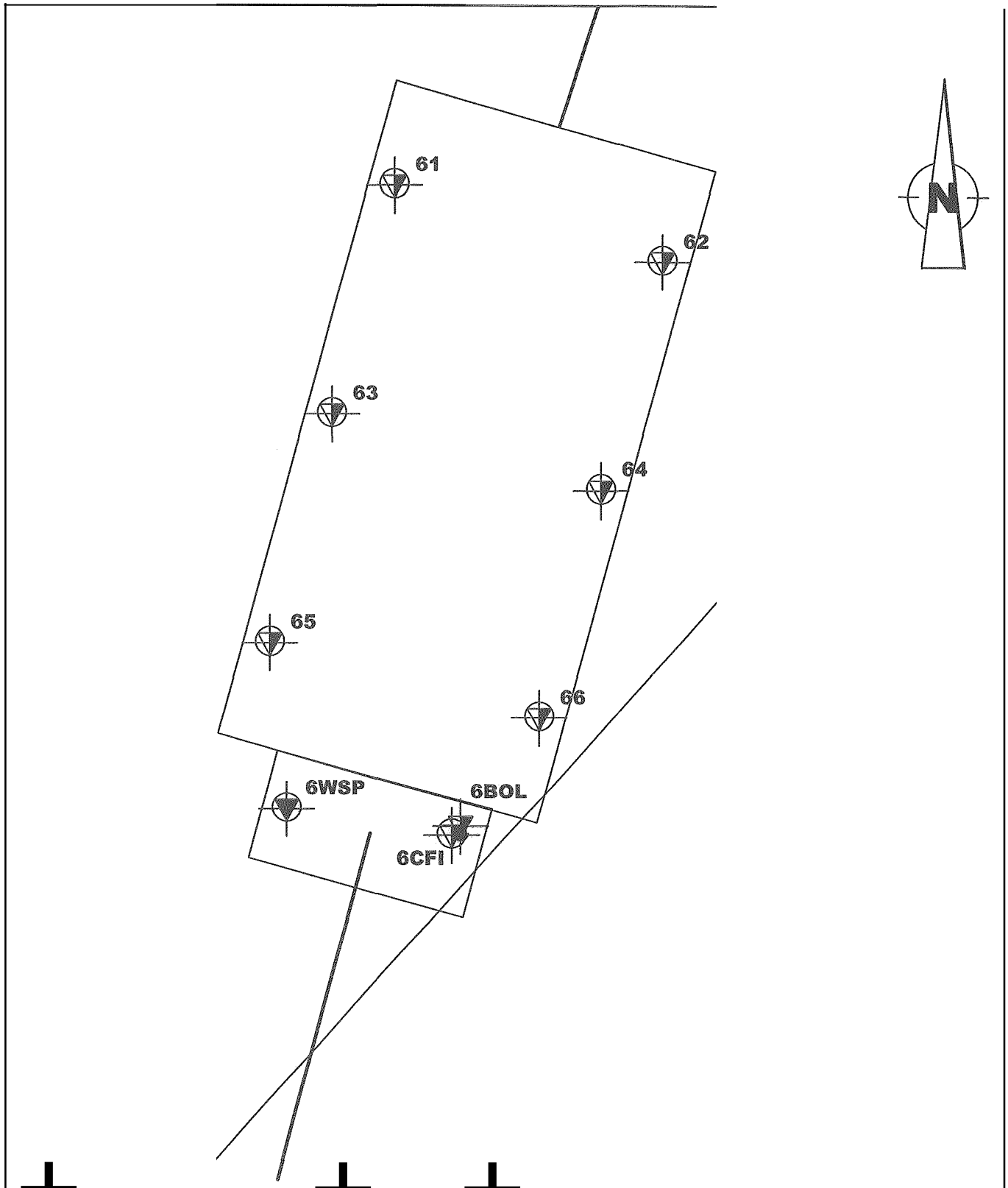
0 4 8 12 16
0 10 20 30 40 1: 500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	opdr.nr. : 0013310			
wijz. 09-06-11				

project: Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk
Locatie 5

MOS GRONDMECHANICA
Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010) 5030200 - Fax (010) 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg. 9-6-2011 7:05:30. cs. A4



Sondering

Boring

Bol sondering

Sondering met waterspanning

Sondering met pl.wrijving

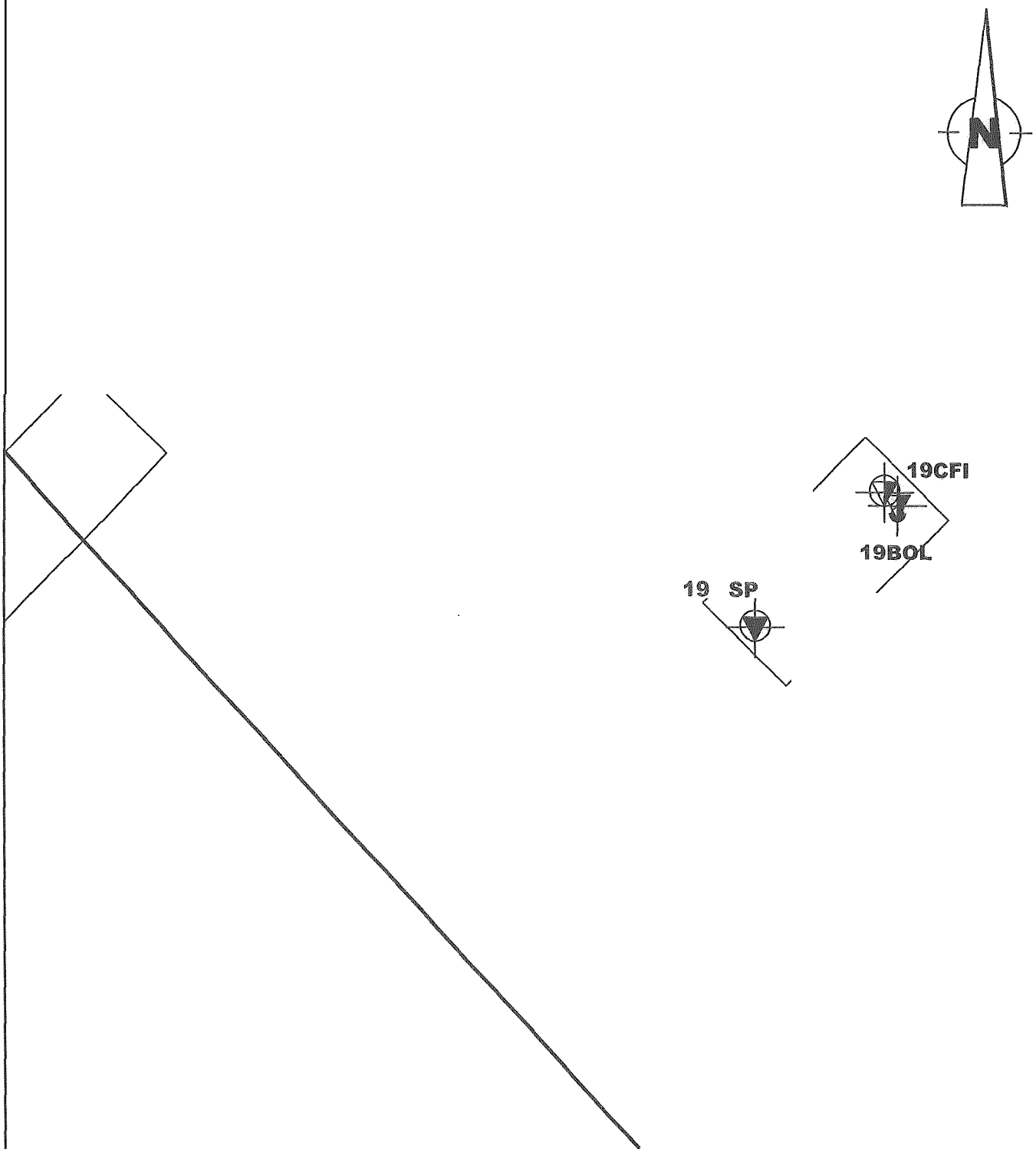
P'IIb""

0 4 8 12 16
0 10 20 30 40

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK	project:	Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk Locatie 6
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA		
schaal 1: 500	maten in meters	get. g.h.	gez.
datum: 21-01-10	opdr.nr.: 0013310		
wijz. 09-06-11			

MOS GRONDMECHANICA
Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010) 5030200 - Fax (010) 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg. 9-6-2011 7:06:48. cs. A4



Sondering | Boring | Bol sondering | *Sondering met waterspanning*

Sondering met pl.wrijving | Peilbuis

0 4 8 12 16 1:200

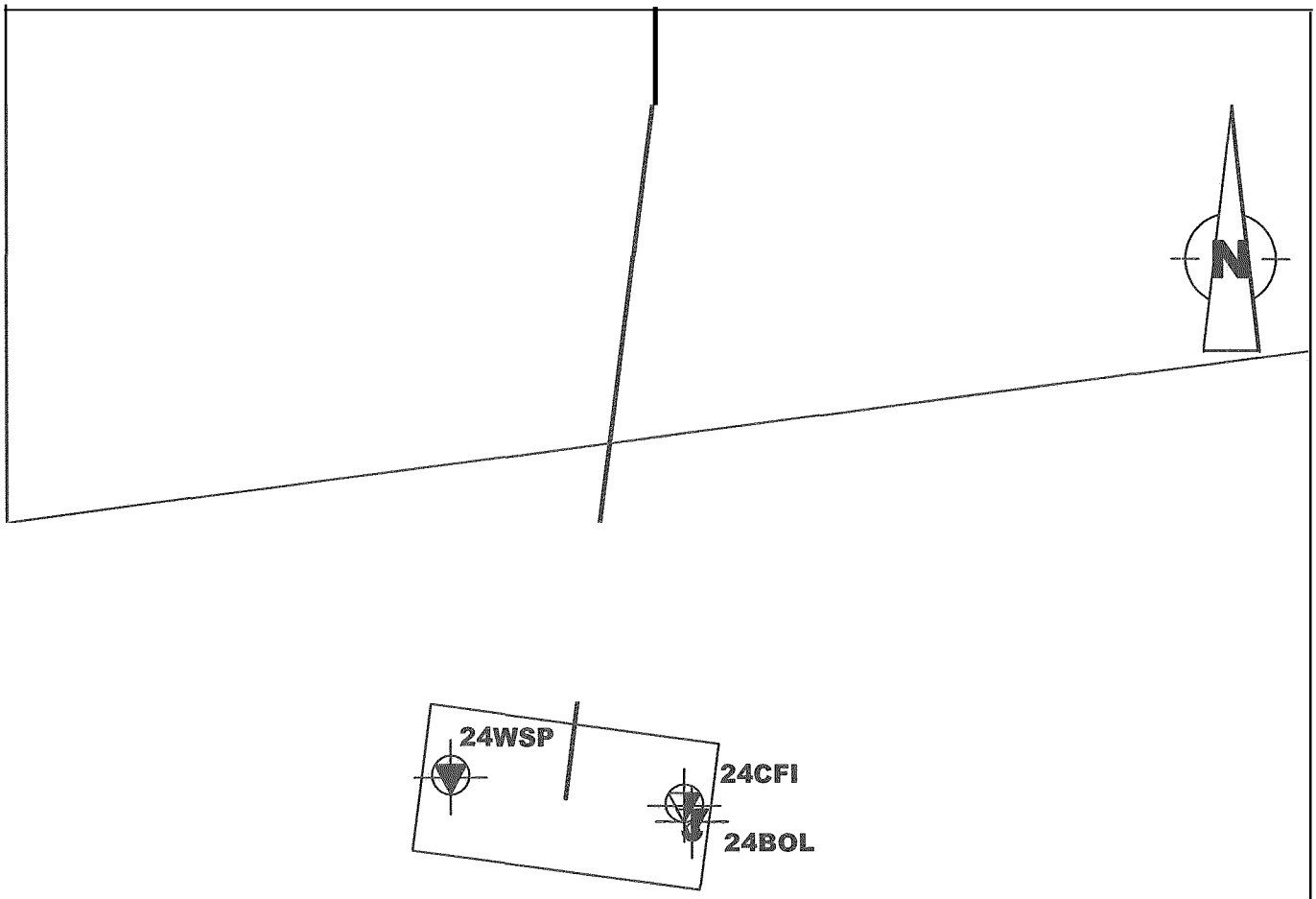
0 10 20 30 40 1:500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	.nr. : 0013310			
wijz.				

project : Geotechnisch grondonderzoek t.b.v. het project R380kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk Locatie 19

MOS GRONDMECHANICA
Postbus 801, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010J 5030200 - Fax (0101 5013656

H:\oroiecten\2010\0013310 - Geotechnisch onderzoek tbv het\S-0013310-nieuw.dwg. 9-6-2011 7:07:58. cs. A4



Sondering | Boring | Bol sondering | *Sondering met waterspanning*

Sondering met pl.wrijving | Peilbuis

0 4 8 12 16 1: 200

0 10 20 30 40 1: 500

onderdeel	SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door	MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 500	maten in meters	get. c.s.	gez.	
datum: 21-04-11	0013310			
wijz.				

projeet: Geoteehniseh grondonderzoek t.b.v. het project R3S0kV Hoogspanningsverbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk
Locatie 24

MOS GRONDMECHANICA
Postbus S01, 3160 AA Rhoon - Telefoon (010)5030200 – Fax (010)5013656

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN	Nummer : 31107.03
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	Bijlagen

Bijlage 3: Berekening wapening

Project..: **Tennet Noordzeekanaal**
Onderdeel: **Spanningstrafo**
Dimensies: **kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)**
Datum....: 24/01/2011
Bestand..: K:\03 Terracon Funderingstechniek\BBIEDEN\3B1013600 **Funderingen Qpstijgstations 380kV Noordzeekanaal\Engineering** Tennet 324V OSA.k1w

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton NEN 6720:1995 A4:2007

Geometrie

Type constructie		**Kolom Rond** Enkel **excentrisch belast**
Kolomdiameter	[mm]	274
Kolomhoogte	{mm]	1000
Belastingschema		**Geschoord** (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		1.00
Pendelko!om		Nee

Belasting

		BG1	BG2	BG3	**Maatgevend** BC
Omschrijving belastinggeval					
Normaalkracht N'	[kN]	1.00	0.00	0.00	1.00
Mboven X	(kNm]	42.00	0.00	0.00	42.00
M midden X	(kNm)	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	(kNml	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren					
BC1 **Fundamenteel**		1.00	0.00	0.00	**Maatgevend** X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit		C28/35	Dekking (min):	42 (40)
Grootste korrel	[mm)	31.5	Prefab	Nee
Milieu		XA2	**Verlaging** Smm:	Nee
Afwerking		1:Controleerbaar.		
Staalsoort		FeB 500 HKN	**Wapening**	**rondom**
Basiswapening	(mm]	8 ,,16	Bij1egw. [mm]	"16, 16
Beugels	[mm]	ø 8		

Tussenresultaten

			X-as
Traagheidsffiom ent I		(mm4]	*27668e4*
Vormfactor psi	7.6.3.3		**n.v.t.**
Reductiefactor rha	7.6.3.4		**n.v.t.**
Kniklengte Ic	7.6.2.2	(mm]	1000
A1pha-n	7.6.2.1		0.00
Lambda h	7.6.2.2		4.21
Eis mbt 1ambda_h	7.6.2.1		218.16
Volstaat le orde toetsing?			Ja
Kai	7.6.3.2		**n.v.t.**
Md reken		[kNm]	42.01
Nd reken		[kN!	1.00

Berekende gegevens

			X-as	
Beginexcentriciteit eO		[mm]	42000.0	
Totale excentriciteit et		[mlO]	42013.7	
Min. wapening detaillering		(mm2]	201.1	4 ,,8.0
Totaal berekende wapening		(10m2]	1313.8	
Maatgevende wapening		[mm2]	1313.8	

Project.. : Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Spanningstrafo

Tussenresultaten doorsnede X-as

Voorwaarde EPB'b=EpB'bu op de vezel *y=-137.0* mm

y [mm]	Wapening	Perc. [0/01	A_s/A_p [mm2]	Δε [0/001	σb [N/mm2]	Δσs [N/mm2]
-137.0				-3.500	-21.00	
-77.8	0.726016	100	146.0	-1.284		-256.85
-68.4	0.726016	100	146.0	-0.933		-186.61
-50.8	0.726016	100	146.0	-0.273		-54.60
-27.0	0.726016	100	146.0	0.616		123.27
0.0	0.726016	100	146.0	1.628		325.52
27.0	0.726016	100	146.0	2.639		434.78
50.8	0.726016	100	146.0	3.528		434.78
68.4	0.726016	100	146.0	4.188		434.78
77.8	0.726016	100	146.0	4.539		434.78
			1313.8			

Inwendige krachten

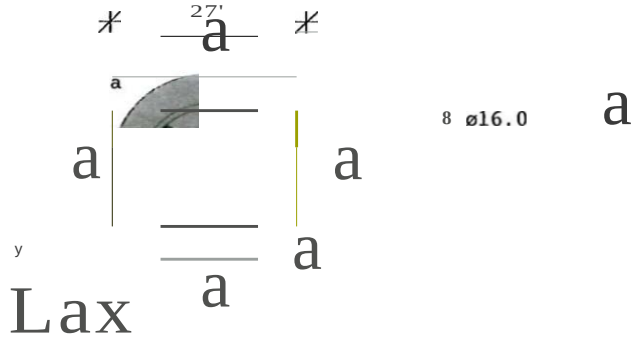
y [mml	Nb [kN]	$N_s/\Delta N_p$ [kN]	Δy [mm]	N [kNJ	N*Δy [kNm]
-93.3	-247.680		-93.3	-247.680	23.096
-77.8		-37.495	-77.8	-37.495	2.917
-68.4		-27.241	-68.4	-27.241	1.864
-50.8		-7.970	-50.8	-7.970	0.405
-27.0		17.994	-27.0	17.994	-0.486
0.0		47.519	-0.0	47.519	-0.000
27.0		63.468	27.0	63.468	1.715
50.8		63.468	50.8	63.468	3.223
68.4		63.468	68.4	63.468	4.342
77.8		63.468	77.8	63.468	4.938
		totaal inwendig		-1.000	42.014

Gevonden wapening

basiswapening bijlegwapening

Bijlegcombinatie 1 1608 [mm2] : B 016.0

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 1



Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Spanningstrafo

Opmerkingen

60) **Bij een kopmom nt X ri hoort waarsch ;nl_ k k een m ddenmom ut Deze ontbreekt nu.**

[116] Belastingcombinatie 1 X-ri: De Tau;d=I.6 N/mm2 > Tau;I=0.6 N/mm2. (NEN 6720 art.B.2.3)

[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

(110) Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel, Spanningstrafo
Dimensies: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum....: 24/01/2011
Bestand..: K:\03 Terracon Funderingstechniek\BBIEDEN\3B1013600 **Funderingen Opstijgstations 380kV Noordzeekanaal\Engineering\ Tennet 324V spanningstrafo.klw**

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton NEN 6720,1995 A4:2007

Geometrie

Type constructie		**Kolom Rond** Enkel **excentrisch belast**
Kolomdiameter	[mm]	274
Kolomhoogte	[mm]	1000
Belastingschema		**Geschoord** (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		1.00
Pendelkolorn		Nee

Belasting

		BG1	BG2	BG3	**Maatgevend** BC
Omschrijving belastinggeval					
Normaalkracht NI	[kN]	1.00	0.00	0.00	1.00
Mboven X	[kNm]	37.40	0.00	0.00	37.40
M midden X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	[kNm)	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren					
BC1 **Fundamenteel**		1.00	0.00	0.00	**Maatgevend** X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit		C28/35	Dekking **(min):**	42 (40)
Grootste korrel	[mm]	31.5	**Prefab**	Nee
Milieu		XA2	**Verlaging** Smm:	Nee
Afwerking		**l:Controleerbaar.**		
Staalsoort		FeB 500 HKN	**Wapening**	**rondom**
Basiswapening	Imm]	7 **ø16**	Bij legw. [mm]	**ø12,** 12
Beugels	[mm]	**ø** 8		

Tussenresultaten

			X-as
Traagheidsmoment I		[mm4]	27668e4
Vormfactor **psi**	7.6.3.3		**n.v.t.**
Reductiefactor rha	7.6.3.4		**n.v.t.**
Kniklengte Ic	7.6.2.2	[mm]	1000
A1pha-n	7.6.2.1		0.00
Lambda_h	7.6.2.2		4.21
Eis mbt lambda_h	7.6.2.1		213.34
Volstaat le orde toetsing?			Ja
Ksi	7.6.3.2		**n.v.t.**
Md reken		[kNm]	37.41
Nd reken		[kN]	1.00

Berekende gegevens

		X-as	
Beginexcentriciteit eO	[mm]	37400.0	
Totale excentriciteit et	[mm]	37413.7	
Min. wapening detaillering	[mm2)	201.1	= 4 ø8.0
Totaal berekende wapening	[mm2]	1118.5	
Maatgevende wapening	[mm2]	1118.5	

Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Spanningstrafo

Tussenresultaten doorsnede X-as

Voorwaarde Epa'b=Bps'bu op de vezel y=-137.0 mm

y [mmJ	Wapening	Perc. [% J	A_s/A_p [mm2J	Δε [%oJ	σb [N/mm2J	Δσs [N/mm2J
-137.0				-3.500	-21.00	
-77.8	0.618016	100	124.3	-1.177		-235.50
-68.4	0.618016	100	124.3	-0.809		-161.87
-50.8	0.618016	100	124.3	-0.117		-23.49
-27.0	0.618016	100	124.3	0.815		162.94
0.0	0.618016	100	124.3	1.875		374.94
27.0	0.618016	100	124.3	2.935		434.78
50.8	0.618016	100	124.3	3.867		434.78
68.4	0.618016	100	124.3	4.559		434.78
77.8	0.618016	100	124.3	4.927		434.78
			1118.5			

Inwendige krachten

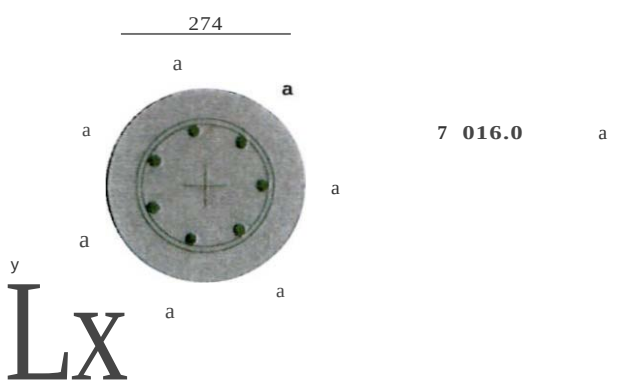
y [mm]	Nb [kN]	$N_s/\Delta N_p$ [kNJ	Δy [mmJ	N [kN]	N*Δy [kNml
-95.2	-231.681		-95.2	-231.681	22.055
-77.8		-29.268	-77.8	-29.268	2.277
-68.4		-20.117	-68.4	-20.117	1.376
-50.8		-2.920	-50.8	-2.920	0.148
-27.0		20.250	-27.0	20.250	-0.547
0.0		46.598	-0.0	46.598	-0.000
27.0		54.035	27.0	54.035	1.460
50.8		54.035	50.8	54.035	2.744
68.4		54.035	68.4	54.035	3.697
77.8		54.035	77.8	54.035	4.204
		totaal inwendig		-1.000	37.414

Gevonden wapening

basiswapening bijlegwapening

Bijlegcombinatie 1 1407 [mm2J : 7 ø16.0

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 1



Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Spanningstrafo

Opmerkingen

f 60) **Bij een kopmoment X Ti hoort waarschijnlijk ook een middenmomelll Deze ontbreekt nu.**

(116) Belastingcombinatie 1 X-ri: De Tau;d=1.4 N/mm2 > Tau;1=0.6 N/mm2. (NEN 6720 art.B.2.3)

[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

(110) Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Project .. : Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Eindafsluiting
Dimensies: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum .... : 24/01/2011
Bestand .. : K:\03 Terracon Funderingstechniek\BBIEDEN\3B1013600
Funderingen Opstijgstations 380kV Noordzeekanaal\Engineering
Tennet 457V eindafsluiting.klw

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton NEN 6720:1995 **A4:2007**

Geometrie

Type constructie		**Kolom Rond Enkel excentrisch belast**
Kolomdiameter	[mm]	407
Kolomhoogte	[mm]	1000
Belastingschema		**Geschoord** (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		1.00
Pende1kolom		Nee

Belasting

		BG1	BG2	BG3	**Maatgevend** Be
Omschrijving belastinggeval					
Normaalkracht Nl	[kN]	1.00	0.00	0.00	1.00
Mboven X	[kNm]	68.00	0.00	0.00	68.00
M midden X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren					
BC1 **Fundamenteel**		1.00	0.00	0.00	**Maatgevend** X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit		C28/35	Dekking (min):	45 (40)
Grootste korrel	[mm]	31.5	**Prefab**	Nee
Milieu		XA2	**Verlaging** Smm:	Nee
Afwerking		**l:Controleerbaar.**		
Staalsoort		FeB 500 HKN	**Wapening**	**rondom**
Basis wapening	[mm]	8 **ø16**	Bij1egw. [mm]	**ø12,** 16
Beugels	[mm]	**ø** 8		

Tussenresultaten

			X-as
Traagheidsmoment I		[mm4]	134694e4
Vormfactor pai	7.6.3.3		**n.v.t.**
Reductiefactor rho	7.6.3.4		**n.v.t.**
Kniklengte Ic	7.6.2.2	[mm]	1000
Alpha-n	7.6.2.1		0.00
Lambda_h	7.6.2.2		2.84
Eis mbt lambda h	7.6.2.1		291.45
Volstaat le orde toetsing?			Ja
Kai	7.6.3.2		**n.v.t.**
Md reken		[kNm]	68.02
Nd reken		[kN]	1.00

Berekende gegevens

		X-as	
Beginexcentriciteit eO	[mm]	68000.0	
Totale excentriciteit et	[mm}	68020.4	
Min. wapening detaillering	[nun2J	201.1	4 08.0
Totaal berekende wapening	[mm2J	1056.3	
Maatgevende wapening	[mm2]	1056.3	

Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel, Eindafsluiting

Tussenresultaten doorsnede X-as

Voorwaarde Eps'b=Eps'bu op de vezel y=-203.5 mm

y [mmJ	Wapening	Perc. [% J	As/Ap [mm2]	Δε [‰J	crb [N/mm2]	Δσs [N/mm2]
-203.5				-3.500	-21.00	
-140.3	0.584016	100	117.4	-1.049		-209.83
-123.4	0.584016	100	117.4	-0.392		-78.48
-91.6	0.584016	100	117.4	0.842		168.38
-48.7	0.584016	100	117.4	2.505		434.78
0.0	0.584016	100	117.4	4.396		434.78
48.7	0.584016	100	117.4	6.287		434.78
91.6	0.584016	100	117.4	7.950		434.78
123.4	0.584016	100	117.4	9.184		434.78
140.3	0.584016	100	117.4	9.841		434.78
			1056.3			

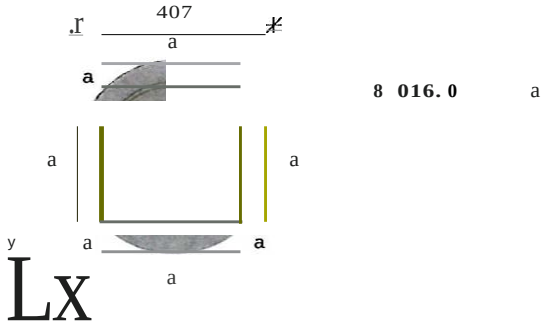
Inwendige krachten

y [mmJ	Nb [kNI	Ns/ΔNp [kN)	Δy [mmJ	N [kNJ	N*Δy [kNmI
-160.8	-293.101		-160.8	-293.101	47.116
-140.3		-24.627	-140.3	-24.627	3.456
-123.4		-9.211	-123.4	-9.211	1.137
-91.6		19.763	-91.6	19.763	-1.810
-48.7		51.029	-48.7	51.029	-2.487
0.0		51.029	0.0	51.029	0.000
48.7		51.029	48.7	51.029	2.487
91.6		51.029	91.6	51.029	4.674
123.4		51.029	123.4	51.029	6.297
140.3		51.029	140.3	51.029	7.161
		totaal inwendig		-1.000	68.032

Gevonden wapening

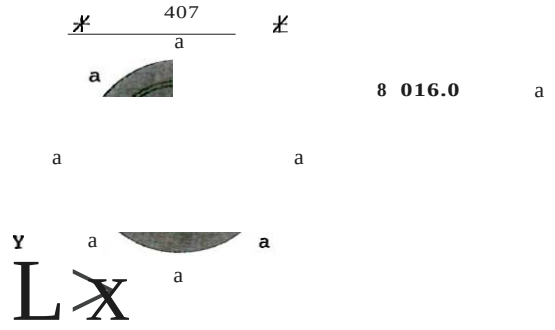
	basiswapening	bijlegwapening
Bijlegcombinatie 1	1608 [mm2 J	8 ø16.0
Bijlegcombinatie 2	1608 [mm2 J :	8 ø16.0

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 1



Project.. : Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Eindafsluiting

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 2



Opmerkingen

f 60] Bii een kopmomenl X 1 hoort waarschijnlijk ook een midd nmument D ze ontbreekt nu

[116] Belastingcombinatie 1 X-ri: De Taujd=l.O N/mm2 > Tau;1=O.6 N/mm2. (NEN 6720 art.8.2.3)

[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

[110) Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Afspanmast 7,SOm
Dimensies: kN;ffi;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum....: 21/03/2011
Bestand..: K:\03 Terracon Funderingstechniek\CONTRCOR\3.11.07 Opstijgpunten Noordzeekanaal D&C\tab 9,\Engineering\ Afspanmast\Tennet 324V afspan.klw

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton NEN 6720:1995 M:2007

Geometrie

Type constructie		**Kolom Rond Enkel excentrisch belast**
Kolomdiameter	[mm]	274
Kolomhoogte	[mm]	1000
Belastingschema		**Geschoord** (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		1.00
Pendelkolom		Nee

Belasting

		BGl	BG2	BG3	**Maatgevend** BC
Omschrijving belastinggeval					
Normaalkracht N'	[kN]	192.00	0.00	0.00	192.00
Mboven X	[kNm]	7.60	0.00	0.00	7.60
M midden X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren					
BCl **Fundamenteel**		1.00	0.00	0.00	**Maatgevend** X

Beton en Wapening

Betonkwali teit		C28/35	Dekking (min):	49 (40)
Grootste korrel	[mm]	16.0	**Prefab**	Nee
Milieu		XA2	**Verlaging** Smm:	Nee
Afwerking		1: Controleerbaar.		
Staalsoort		FeB 500 HKN	**Wapening**	**rondom**
Basiswapening	[mm]	5 ø12	Bijlegw. [mm]	ø16, 16
Beugels	[mm]	ø12		

Tussenresultaten

			X-as
Traagheidsmoment I		[mm4]	27668e4
Vormfactor psi	7.6.3.3		**n.v.t.**
Reductiefactor rho	7.6.3.4		**n.V.t.**
Kniklengte Ic	7.6.2.2	[mm]	1000
Alpha-n	7.6.2.1		0.13
Lambda_h	7.6.2.2		4.21
Eis mbt lambda h	7.6.2.1		13.85
Volstaat le orde toetsing?			Ja
Kei	7.6.3.2		**n.v.t.**
Md reken		[kNmI	10.23
Nd reken		[kN]	192.00

Berekende gegevens

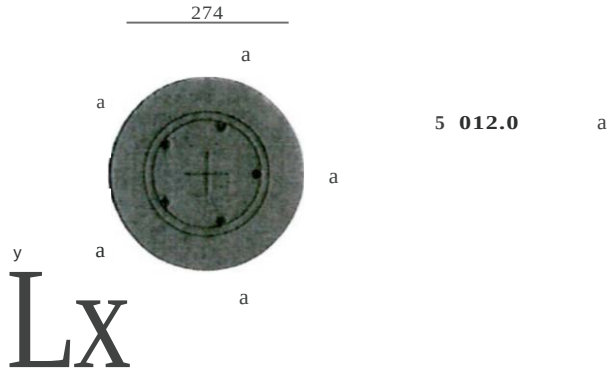
		X-as	
Beginexcentriciteit eO	[mm]	39.6	
Totale excentriciteit et	[mm]	53.3	
Min. wapening detaillering	[mm2]	201.1	4 ø8.0
Totaal berekende wapening	[mm2]	0.0	
Maatgevende wapening	[mm2]	201.1	

Gevonden wapening

		basiswapening	**bijlegwapening**
Bijlegcombinatie 1	565 [mm21:	5 ,,12.0	

Project .. : Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Afspanmast 7,SDm

Grafische uitvoer bijlegcornbinatie 1



Opmerkingen

(60) Bij een kopmoment X i hoort. waarschijnlijk Q<k een middenmoment. Dez ontbreekt nu

[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

(110) Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Afspanmast 15,0 m
Dimensies: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum....: 14/12/2011
Bestand..: K:\03 Terracon Funderingstechniek\CONTRCOR\3.11.07 Opstijgpunten Noordzeekanaal D&C\tab 9,\tab 9,\Engineering\ Afspanmast\Tennet 324V afspan - 15 m.klw

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton	NEN 6720:1995	A4:2007

Geometrie

Type constructie		:	Kolom Rond Enkel excentrisch belast
Kolomdiameter	[mm]	:	274
Kolomhoogte	[mm]	:	1000
Belastingschema		:	Geschoord (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		:	1.00
Pendelkolom		:	Nee

Belasting

			BG1	BG2	BG3	Maatgevend BC
Omschrijving belastinggeval		:				
Normaalkracht N'	[kN]	:	451.00	0.00	0.00	451.00
M boven X	[kNm]	:	13.00	0.00	0.00	13.00
M midden X	[kNm]	:	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	[kNm]	:	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren						
BC1	Fundamenteel	:	1.00	1.00	0.00	Maatgevend X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit		:	C28/35	Dekking (min):		49 (40)
Grootste korrel	[mm]	:	16.0	Prefab	:	Nee
Milieu		:	XA2	Verlaging 5mm:		Nee
Afwerking		:	1:Controleerbaar.			
Staalsoort		:	FeB 500 HKN	Wapening	:	rondom
Basiswapening	[mm]	:	8 ø16	Bijlegw.[mm]	:	ø16, 16
Beugels	[mm]	:	ø12			

Tussenresultaten

				X-as
Traagheidsmoment I		[mm4]	:	27668e4
Vormfactor psi	7.6.3.3		:	n.v.t.
Reductiefactor rho	7.6.3.4		:	n.v.t.
Kniklengte lc	7.6.2.2	[mm]	:	1000
Alpha-n	7.6.2.1		:	0.24
Lambda_h	7.6.2.2		:	4.21
Eis mbt lambda_h	7.6.2.1		:	10.27
Volstaat 1e orde toetsing?			:	Ja
Ksi	7.6.3.2		:	n.v.t.
Md reken		[kNm]	:	19.18
Nd reken		[kN]	:	451.00

Berekende gegevens

			X-as
Beginexcentriciteit e0	[mm]	:	28.8
Totale excentriciteit e_t	[mm]	:	42.5
Min. wapening detaillering	[mm2]	:	201.1 = 4 ø8.0
Totaal berekende wapening	[mm2]	:	0.0
Maatgevende wapening	[mm2]	:	201.1

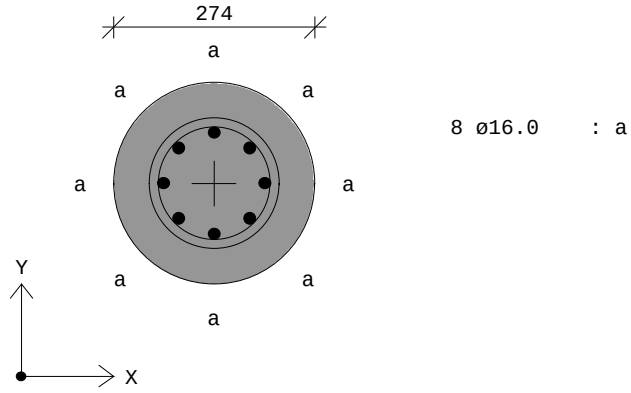
Project..: Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Afspanmast 15,0 m

Gevonden wapening

basiswapening bijlegwapening

Bijlegcombinatie 1 1608 [mm2] : 8 ø16.0

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 1



Opmerkingen

[60] Bij een kopmoment X-ri hoort waarschijnlijk ook een middenmoment. Deze ontbreekt nu.
[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.
[110] Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Project..: **Tennet Noordzeekanaal**
Onderdeel, Veldhuisje
Dimensies: **kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)**
Datum....: 21/03/2011
Bestand..: K:\03 Terracon Funderingstechniek\CONTRCOR\3.11.07 Opstijgpunten Noordzeekanaal O&C\tab 9,\Engineering\OSA, **spanningstrafo en eindsluitiing\revl\Tennet 324V** ve1dhuisje.klw

Toegepaste normen volgens TGB 1990

Beton NEN 6720,1995 **A4:2007**

Geometrie

Type constructie		**Kolom Rond** Enkel **excentrisch belast**
Kolomdiameter	(mml	274
Kolomhoogte	(mm]	1000
Belastingschema		**Geschoord** (Tabel 27)
Kniklengtefactor X		1.00
Pendelkolom		Nee

Belasting

		BG1	BG2	BG3	**Maatgevend** BC
Omschrijving belastinggeval					
Normaalkracht N'	[kN]	127.00	0.00	0.00	127.00
Mboven X	[kNmI	0.00	0.00	0.00	0.00
M midden X	[kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
M onder X	(kNm]	0.00	0.00	0.00	0.00
Belastingfactoren					
BC1 **Fundamenteel**		1.00	0.00	0.00	**Maatgevend** X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit		C28/35	Dekking (min),	49 (40)
Grootste korrel	[mm)	16.0	Prefab	Nee
Milieu		XA2	**Verlaging** Smm:	Nee
Afwerking		**l:Controleerbaar.**		
Staalsoort		FeB 500 HKN	**Wapening**	**rondom**
Basiswapening	[mm)	5 **ø12**	Bij 1egw. [mm]	**ø16,** 16
Beugels	[mm]	**ø12**		

Tussenresultaten

			X-as
Traagheidsmoment I		[mm4]	27668e4
Vormfactor psi	7.6.3.3		**n.v.t.**
Reductiefactor rho	7.6.3.4		**n.v.t.**
Kniklengte Ic	7.6.2.2	[mm]	1000
A1pha-n	7.6.2.1		0.09
Lambda_h	7.6.2.2		4.21
Eis mbt 1ambda_h	7.6.2.1		17.02
Volstaat 1e orde toetsing?			Ja
I<si	7.6.3.2		**n.v.t.**
Md reken		[kNm]	3.48
Nd reken		[kN]	127.00

Berekende gegevens

		X-as	
Beginexcentriciteit eO	[mm]	**10.0**	**=min.**
Totale excentriciteit et	[mm]	**27.4**	**=min.**
Min. wapening detaillering	[mm2]	201.1	= 4 ø8.0
Totaal berekende wapening	(mm2]	0.0	
Maatgevende wapening	(mm2]	201.1	

Colijn / Terracon B.V.

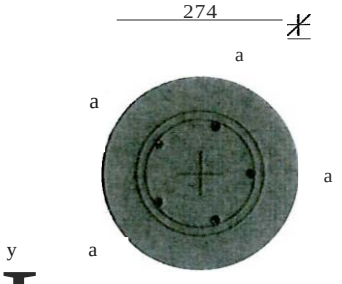
TSjKolomwapening

Project . . : Tennet Noordzeekanaal
Onderdeel: Veldhuisje

Gevonden wapening **basiswapening bijlegwapening**

Bijlegcombinatie 1 565 [mm2] : 5 012.0

Grafische uitvoer bijlegcombinatie 1



5 **012,0** a

Opmerkingen

(101) De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.
[llOJ Wapening langs de omtrek **van de kolom verdelen**

Berekening paaiwapening conform de NEN 6720 en de NVN 6724

Project:	Teonet NoordzeekanBsl380 kv station
W8rknr.	
Oatum:	24-J80-11
Paaltype:	V 457/508
Paalnr.	Elndafsluilingen

Invoergegevens

belon	C28/35		
mk.	XA2		
hoofdwapenlng:	8	Ø	16 mm
b1jlegwapenlng:	O	Ø	16 mm
$N'_{d....x}$:	19 kN		
$N'_{d,min}$:	1 kN		
$N_{d,trek}$:	O kN		
$M_{kop;d}$:	67.7 kNm		
$V_{d,max}$:	O kN		
80:	10 mm (NEN *6720* art. 8.1.1)		
diameter paal	407 mm (voor UGT binnenkant helbuis)		
diameter korf	320mm		
1,:	1,35 (overall **partiële** belaslingsfaetor UGT/BGT)		

Paal op druk belasl

ω_o =	**1,24 %** > $\omega_{0,min}$ = **0,3%: √** (NVN 6724 art. 10.2.2)
$\sigma'_{d,max;d}$ =	*0,1 N/mm²* < r_d = *21,0* **N/mm²: √**
el:	40,7 mm(NEN 6720 art. 8.t.1)
$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	1056 **mm²**
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	*1608* **mm²**

toets UGT:

$A_{s;ben.;Technosoft}$ = **1056 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1608 mm²: √**

toets BGT:

c =	43,5 mm
c_{min} =	**40** mm (NEN 6720 art. 9.2)
k_c = **c/c_{min}** ...	1,09 (NEN 6720 art. 6.7.2)
k_1 =	2500 (NEN 6720 art. 6.7.2)
k_2 =	500 (NEN 6720 art. 8.7.2)
ξ =	1 (NEN 6720 art 6.7.2)
G, -	*211,5 N/mm'* **= (f_s/γ_f)*($A_{s;ben.}/A_{s;toe.}$)**
$Ø_{km}$ =	13 mm < **Ø** = 16 mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet niet
s =	103 mm < smax = 106 mm(NEN 6720 art. 6.7.2): voldoet

Paal op trek belast

$A_{s;ben.;t.g.v.\ Md}$ =	1056 **mm²** (voeg In **Technosoft** een minlmale **$N'_{d\ min}$** van 1 kN in)
A. ben.;t.g.v. Ntrek;d =	**2 mm² is $N_{trek;d}$ + 1 kN / f_s)**
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	1608 **mm²**

toets UGT:

A. ;ben.;Technosoft = **1058 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1608 mm²: √**

toets BGT:

	212,0 N/mm² **= (f_s/γ_f)*($A_{s;ben.}/A_{s;toe.}$)**
$Ø_{km}$ =	13 mm **< Økm =** 16 mm(NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet niet
s =	103 mm < smax= 108 mm (NEN 6720 art. 8.7.2); voldoet

Berekening paalwapening conform de NEN 6720 en de NVN 6724

Project: **Tennet** Noordzeekanaal380 **kv** sleUon
Werknr.
Datum: **24-jan-11**
Paaltype: V **324/375**
P8alnr. OSA

Invoergegevens
beton *C28/35*
mk. **XA2**
hoofdwapening: 8 " 16 mm
bijlegwapening: o Ø 16 mm
$N'_{d,max}$: 3,5 kN
$N'_{d,min}$: IkN
$N_{d,trek}$: O kN
$M_{kop;d}$: 42 kNm
$V_{d,max}$: O kN
80: 10 mm (NEN 6720 **art.** 8.1.1)
diameter paal 274 mm (voor UGT b100enkant **heibuis)**
diameter korf 190mm
y,: 1,35 (overall partiêle belaslingsfactor UGT/BGT)

Paal op druk bel.at

2,73 **%** > $\omega_{0,min}$ "' 0,3%: √ (NVN 6724 art. 10.2.2)
0,1 **N/mm² < f'_d =** 21,0 **N/mm²: √**
e_t: 27,4 mm (NEN 6720 art. 8.1.1)
$A_{s;ben.;Technosoft}$ = 1314 mm''
$A_{s;toe.;paalkop}$ = 1608 **mm²**

toets UGT:
$A_{s;ben.;Technosoft}$ = **1314 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1608 mm²: √**

toelsBGT:
c = 42 mm
c_{min} = 40 mm (NEN 6720 art. 9.2)
$k_c = c/c_{min}$ = 1,05 (NEN 6720 art 8.7.2)
k_1 = 2500 (NEN 6720 art. 8.7.2)
k, = 500 (NEN 6720 art. 8.7.2)
ξ = 1 (NEN 6720 art. 8.7.2)
263,2 Nfmm² **= (f_s/γ_1)*($A_{s;ben.}/A_{s;toe.}$)**
10 mm < **Ø =** 16 mm (NEN 6720 art. 6.7.2): **voldoet** niet
52 mm < **smax =** 59,9 mm (NEN 6720 art. 6.7.2): voldoel

Pul op trek **belast**

$A_{s;ben.;l}$, **Md** ::: 1161 mm² (voeg In Technosoft **een** minimale $N'_{d,min}$ van 1 kN In)
$A_{s;ben.;tg}$ $N_{trek;d}$ = 2 **mm²** is $N_{trek;d}$ + 1 kN / fJ
$A_{s;toe.;paalkop}$ = 1608 **mm²**

toets UGT:
A.ben.;Technosoft = **1163 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1608 mm²: √**

toets8GT:
o, = *233,0 Nfmm²* **= (f_s/γ_1)*($A_{s;ben.}/A_{s;toe.}$)**
$Ø_{km}$ = 11 mm < **Økm** = 16 mm (NEN 6720 art. 6.7.2): voldoet niet
s = 52 mm < **smax** = **84,6** mm (NEN 6720 art. 6.7.2): voldoet

Berekening paaiwapening conform de NEN 6720 en de NVN 6724

Project:	Tennel Noordzeekanaa1380 **kv** slatlon
Werknr.	
Datum:	24-J80-11
P881type:	V 324/375
Paalnr.	Spanningstrafo

Invoergegevens

belon	e2S/35		
mk.	XA2		
hoofdwapening:	7	Ø	160101
bljlegwapening:	o	Ø	12 **mm**
$N'_{d;max}$:	4.5 kN		
$N'_{d;min}$:	1kN		
$N_{d;trek}$:	O kN		
$M_{kop;d}$:	37,4 kNOl		
$V_{d;max}$:	O kN		
80:	10 Olm (NEN 6120 art. 8.1.1)		
diameter paal	274 Olm (voor UGT blnnenkant helbuls)		
diameter korf	190 Olm		
γ_f:	1,35 (overall **partiële** belasUngsfactor UGTJBGT)		

Paal op druk belast

ω_o =	2,39 % > $\omega_{0;min}$ = 0,3%: √ (NVN 6124 art. 10.2.2)
$\sigma'_{d;max;d}$ =	*0,1* N/mm² < r_d = 21,0 N/mm²: √
Ot:	27,4 Olm (NEN 6720 art. 8.1.1)
$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	1119 mm²
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	1407 mm²

***toets** UGT:*

$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	**1119 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1407 mm²: √**

toets BGT:

	42 mm
c_{min} =	40 mm (NEN 6720 art. 9.2)
$k_c = c/c_{min}$ =	1,05 (NEN 6720 art. 6.7.2)
k_1 =	2500 (NEN 6720 art. 6.7.2)
k, ·	500 (NEN 6720 art. 6.7.2)
ξ =	1 (NEN 6720 art. 6.7.2)
σ_s =	256,2 N/mm² = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}/A_{s;toe.})$
$Ø_{km}$ =	10 mm < Ø = 16 mm eNEN 6720 art. 6.7.2): voldoet nlet
S ·	62 mm < **smax** = 65,2 mm (NEN 6720 art. 6.7.2): voldoet

Paal op trek belast

$A_{s;ben.;t.g.v.\ Md}$ =	1119 mm² (voeg In **Technosoft** een minimale $N'_{d;min}$ van 1 kN In)
$A_{s;ben.;t.g.v.\ Ntrek;d}$ =	2 mm² Is $N_{trek;d}$ + 1 kN / f_s)
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	1407 mm²

toetsUGT:

$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	**1121 mm² < $A_{s;toegepast}$ = 1407 mm²: √**

toetsBGT:

	256,7 N/mm² = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}/A_{s;toe.})$
	10 mm < **Økm** = 16 mm eNEN 6720 art. 6.7.2): voldoet niet
S ·	62 rnm < smax = 64,6 mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet

Berekening paalwapening conform de NEN 6720 en de NVN 6724

Project	Tennet Noordzeekanaal 360 kv **station**
Werknr.	
Datum:	24·mrt·11
Paaltype:	V *324/375*
Paalor.	Afspanmasl7,5m

Invoergegaven8

beton	*C28/35*		
mk.	XA2		
hoofdwapenIng:	5	Ø	12 mm
bijlegwapening:	o	0	12 mm
$N'_{d;max}$:	192 kN		
$N'_{d;min}$:	O kN		
$N_{d;trek}$:	134 kN		
$M_{kop;d}$:	7,6 kNm		
$V_{d;max}$:	O kN		
80:	10 mm (NEN 6720 art. 8.1.1)		
diameter paal	274 mm (voor UGT binnenkant helbuis)		
diameter **korf**	190mm		
y,:	1.35 (overall partiêle belastJngsfactor *UGT/BGT)*		

Paal op druk **belast**

Wo"	0,96 % > $\omega_{0;min}$ = **0,3%: √** (NVN 6724 art. 10.2.2)
$\sigma'_{d;max;d}$ =	3,3 Nfmm^2 < r_d = 21.0 **N/mm^2: √**
el:	27,4 mm (NEN 6720 art. 8.1.1)
$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	314 **mm^2**
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	565 **mm^2**

toets UGT:

$A_{s;ben.;Technosoft}$ = **314 mm^2 < $A_{s;toegepast}$ = 565 mm^2: √**

***toets** BGT:*

c =	42 mm
c_{min} =	40 mm (NEN 6720 art 9.2)
$k_c = c/c_{min}$ =	1,05 (NEN 6720 art 8.1.2)
k_1 =	2500 (NEN 6120 art. 8.1.2)
k_2 =	500 (NEN 6120 art. 8.1.2)
ξ =	1 (NEN6120art8.1.2)
	178,9 N/mm' = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}/A_{s;...})$
	15 mm> Ø = 12 mm (NEN 6120 art. 8.1.2): voldoet
	100 mm < smax = **149** mm (NEN 6120 art. 8.7.2): voldoet

Paal op trek belaal

$A_{s;ben.;t.g.v.Md}$ :::	1 mm'l (voeg In **Technosoft** een minimale $N'_{d;min}$ van 1 **kN** In)
A.:ben.;I, lf. $N_{trek;d}$ =	310 mm'lls $N_{trek;d}$ + 1 kN / ti)
$A_{s;to\cdot;paalkop}$ :::	565 **mm^2**

***toets** UGT:*

$A_{s;ben.;Technosoft}$ = **311 mm^2 < $A_{s;toegepast}$ = 565 mm^2: √**

toetsBGT:

	111,4 N/mm'l = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}$'A.$_{toe}$J
	15 mm > **Økm** = 12 mm (NEN 6720 art. 6.1.2): voldoet
s =	100 **mm** < smax = 152 mm (NEN 6120 arl6.7.2): voldoet

Berekening paalwapening conform de NEN 6720 en de NVN 6724

Project:	Tennet Noordzeekanaal 380 kv station
Werknr.	
Datum:	14-dec-11
Paaltype:	V 324/375
Paalnr.	afspanmast 15,0 m

Invoergegevens

beton	C28/35			
mk.	XA2			
hoofdwapening:	8	Ø	16	mm
bijlegwapening:	0	Ø	16	mm
$N'_{d;max}$:	451	kN		
$N'_{d;min}$:	0	kN		
$N_{d;trek}$:	288	kN		
$M_{kop;d}$:	11	kNm		
$V_{d;max}$:	0	kN		
e_0:	10	mm (NEN 6720 art. 8.1.1)		
diameter paal	274	mm (voor UGT binnenkant heibuis)		
diameter korf	190	mm		
γ_f:	1,35	(overall partiële belastingsfactor UGT/BGT)		

Paal op druk belast

ω_o =	2,73	% > $\omega_{0;min}$ = 0,3%: √ (NVN 6724 art. 10.2.2)			
$\sigma'_{d;max;d}$ =	7,6	N/mm² < f'_d =	21,0	N/mm²: √	
e_t:	27,4	mm (NEN 6720 art. 8.1.1)			
$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	314	mm²			
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	1608	mm²			

toets UGT:

$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	314	mm² < $A_{s;toegepast}$ =	1608	mm²: √	

toets BGT:

c =	42	mm			
c_{min} =	40	mm (NEN 6720 art. 9.2)			
$k_c = c/c_{min}$ =	1,05	(NEN 6720 art. 8.7.2)			
k_1 =	2500	(NEN 6720 art. 8.7.2)			
k_2 =	500	(NEN 6720 art. 8.7.2)			
ξ =	1	(NEN 6720 art. 8.7.2)			
σ_s =	62,9	N/mm² = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}/A_{s;toe.})$			
$Ø_{km}$ =	42	mm > Ø =	16	mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet	
s =	52	mm < smax =	665	mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet	

Paal op trek belast

$A_{s;ben.;t.g.v.\ Md}$ =	1	mm² (voeg in Technosoft een minimale $N'_{d;min}$ van 1 kN in)			
$A_{s;ben.;t.g.v.\ Ntrek;d}$ =	664	mm² is $N_{trek;d}$ + 1 kN / f_s)			
$A_{s;toe.;paalkop}$ =	1608	mm²			

toets UGT:

$A_{s;ben.;Technosoft}$ =	665	mm² < $A_{s;toegepast}$ =	1608	mm²: √	

toets BGT:

σ_s =	133,3	N/mm² = $(f_s/\gamma_f)*(A_{s;ben.}/A_{s;toe.})$			
$Ø_{km}$ =	20	mm > Økm =	16	mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet	
s =	52	mm < smax =	245	mm (NEN 6720 art. 8.7.2): voldoet	

FUNDERINGSBEREKENING

Titel : OPSTIJGPUNTEN 380 kV NOORD EN ZUIDZIJDE NOORDZEEKANAAL, VELSEN	**Nummer : 31107.03**
	Datum : 14-12-2011
Revisie : 4	**Bijlagen**

Bijlage 4: geotechnische draagkracht berekening

Project Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel [illegible]

SAMENVATTINGSTABEL Geval 1

Uitgangspunten
paal
- **paaltype** Geheide in de grond gevormde betonpaal;terugheiend
- **Schachtafmetingen** 321 lom
Paalklassefactor α_p 1.00
Factor α_s <tabel 2 NEN 6743) **0.014** (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 3)
Factor ξ 0.84

Alle **niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v. : N.A.P.**

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen F_{rmp} [kN]	F_{rms} [kN]	F_{rmg} (ioN)	Rekenwaarden F_{rd} (ioN)	F_{snd} (ioN)	F_{rnd} [ioN]
51	-2.09	-17.50	739.2	138.4	877.5	614.3	-391.4	222.9
		-18.00	826.0	214.3	1040.3	728.2	-391.4	336.9
		-18.50	1208.0	296.7	1504.6	1053.2	-391.4	661.9
		-19.00	1152.5	403.4	1555.9	1089.1	-391.4	697.7
		-19.50	1028.7	510.3	1539.0	1077.3	-391.4	685.9
52	-2.07	-17.50	789.4	164.9	954.3	668.0	-391.4	276.6
		-18.00	924.8	239.0	1163.8	814.7	-391.4	423.3
		-18.50	1137.8	321.4	1459.3	1021.5	-391.4	630.1
		-19.00	1222.6	409.0	1631.6	1142.1	-391.4	750.7
		-19.50	1257.4	495.9	1753.3	1227.3	-391.4	835.9
53	-2.06	-17.50	511.8	87.0	598.8	419.2	-391.4	27.8
		-18.00	716.9	146.5	863.4	604.3	-391.4	213.0
		-18.50	964.4	224.4	1188.8	832.2	-391.4	440.8
		-19.00	1028.8	317.9	1346.7	942.7	-391.4	551.3
		-19.50	1061.4	417.8	1479.2	1035.5	-391.4	644.1
S11	-2.05	-17.50	899.1	175.4	1074.5	752.1	-391.4	360.7
		-18.00	1018.4	263.9	1282.2	897.6	-391.4	506.2
		-18.50	1211.0	356.8	1567.8	1097.5	-391.4	706.1
		-19.00	1505.0	459.1	1961.1	1374.9	-391.4	983.5
		-19.50	1597.9	566.0	2163.8	1514.7	-391.4	1123.3
55	-1.98	-17.50	1100.8	174.3	1275.1	892.5	-391.4	501.2
		-18.00	1164.7	280.5	1445.2	1011.6	-391.4	620.2
		-18.50	955.1	386.3	1341.4	939.0	-391.4	547.6
		-19.00	946.7	493.1	1439.7	1007.8	-391.4	616.4
		-19.50	989.7	588.9	1578.6	1105.0	-391.4	713.6
56	-1.99	-17.50	1102.0	191.2	1293.3	905.3	-391.4	513.9
		-18.00	1205.8	281.1	1492.9	1045.0	-391.4	653.6
		-18.50	1359.7	385.1	1744.8	1221.3	-391.4	829.9
		-19.00	1475.6	485.2	1960.8	1372.6	-391.4	981.2
		-19.50	1350.8	587.5	1938.3	1356.8	-391.4	965.4

Project Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel

SAMENVATTINGSTABEL Geval 1

Uitgangspunten

paal	
- paaHype	**Geheide in de grond gevormde betonpaaliterugheiend**
- **schachlafmetinq**	457 lrun
Paa1klassefactor α_p	1.00
Factor α_s **(tabel** 2 NEN 6743)	**0.014** (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 3)
Factor ξ	0.84

AJle niveaus/hoogtes/pcilrnaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen F[mp [kN]	F_{rms} [kN]	Frmg [kN]	Rekenwaarden Fr;d [kNJ	Fsnl:d [kN]	F_{rnd} [kN]
51	-2.09	-17.50	1344.0	195.1	1539.1	1077.4	-566.3	511.1
52	-2.07	-17.50	1422.0	2]2.5	1654.5	1158.1	-566.3	591.9
53	-2.06	-17.50	997.3	122.7	1120.0	784.0	-566.3	217.7
54	-2.05	-17.50	1623.6	247.3	1870.9	1309.6	-566.3	743.4
55	-1.98	-17.50	**1928.4**	245.7	2174.2	1521.9	-566.3	955.6
56	-1.99	-17.50	1966.8	269.7	2236.5	**1565.6**	**-566.3**	999.3

Project Opstijgpunten Noordzeekallaal 380 kV
Onderdeel II ordzii ie - Trekj alen

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN

Alle niveaus/hoogtez/pcilmaten 7.ijn t.o.v. : N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	rc;netto;d Geval 1 (kNI
51	-2.09	-18.50	309
		-]9.50	388
52	-2.07	-18.50	298
		-19.50	363
53	-2.06	-18.50	279
		-19.50	350
54	-2.05	-18.50	290
		-19.50	368
55	-1.98	-18.50	333
		-19.50	407
56	-1.99	-18.50	332
		-19.50	407

Project Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel

SAMENVATTINGSTABEL Geval 2

Uitgangspunten
- paal Vibro 324
- paaltype Geheide in de grond gevormde Betonpaal;terugheiend
- schachtafllleting 324 mm

Paalklassefactor α_p 1.00
Factor α_s (tabel 2 NEN 6743) 0.014 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 3)
Factor ξ 0.84

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.O.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen F_{rmp} (kN)	F_{rms} (kN)	F_{rmg} (kN)	Rekenwaarden F_{rid} [kNJ	F_{snid} [kN]	F_{rnd} [kN]
61	-1.69	-12.50	604.9	544.1	1149.0	804.3	-44.7	759.6
		-13.00	798.9	604.6	1403.5	982.4	-44.7	937.7
		-13.50	714.9	684.9	1399.8	979.8	-44.7	935.2
		-14.00	712.6	763.7	1476.3	1033.4	-44.7	988.8
		-14.50	695.5	827.5	1523.0	1066.1	-44.7	1021.4
		-15.00	861.1	878.9	1740.1	1218.0	-44.7	1173.4
		-15.50	516.0	957.2	1473.2	1031.2	-44.7	986.6
		-16.00	362.8	1028.6	1391.3	973.9	-44.7	929.3
		-16.50	252.2	1105.1	1357.3	950.1	-44.7	905.5
		-17.00	218.2	1155.8	1373.9	961.8	-44.7	917.1
		-17.50	185.4	1183.4	1368.8	958.2	-44.7	913.5
		-18.00	375.8	1199.9	1575.8	1103.0	-44.7	1058.4
		-18.50	568.1	1260.3	1828.3	1279.8	-44.7	1235.2
		-19.00	575.3	1342.6	1917.9	1342.5	-44.7	1297.9
		-19.50	534.7	1421.0	1955.7	1369.0	-44.7	1324.3
62	-1.73	-12.50	753.0	527.1	1280.1	896.1	-44.7	851.4
		-13.00	760.0	593.3	1353.3	947.3	-44.7	902.6
		-13.50	700.2	678.7	1379.0	965.3	-44.7	920.6
		-14.00	648.9	757.6	1406.5	984.6	-44.7	939.9
		-14.50	647.5	809.7	1457.2	1020.0	-44.7	975.4
		-15.00	381.6	885.0	1266.5	886.6	-44.7	841.9
		-15.50	351.0	945.2	1296.2	907.4	-44.7	862.7
		-16.00	330.4	987.5	1317.9	922.5	-44.7	877.9
		-16.50	502.2	1021.1	1523.2	1066.3	-44.7	1021.6
		-17.00	530.1	1076.8	1606.9	1124.8	-44.7	1080.2
		-17.50	685.6	1129.9	1815.5	1270.8	-44.7	1226.2
		-18.00	696.1	1212.1	1908.3	1335.8	-44.7	1291.1
		-18.50	762.7	1284.0	2046.7	1432.7	-44.7	1388.0
		-19.00	811.5	1356.4	2167.9	1517.5	-44.7	1472.9
		-19.50	921.1	1426.3	2347.3	1643.1	-44.7	1598.5
63	-1.61	-12.50	356.3	326.9	683.1	478.2	-44.7	433.5
		-13.00	326.0	396.7	722.7	505.9	-44.7	461.2
		-13.50	311.3	438.2	749.4	524.6	-44.7	479.9
		-14.00	613.9	468.7	1083.6	758.5	-44.7	713.9
		-14.50	666.2	539.1	1205.6	843.9	-44.7	799.2
		-15.00	473.2	623.1	1096.7	767.7	-44.7	723.0
		-15.50	415.6	695.8	1141.4	799.0	-44.1	754.3
		-16.00	385.9	757.5	1143.4	800.4	-44.7	755.7
		-16.50	509.0	790.5	1299.6	909.7	-44.1	865.6
		-17.00	491.1	850.9	1342.0	939.4	-44.7	894.7
		-17.50	801.3	905.8	1707.1	1195.0	-44.7	1150.3
		-18.00	807.9	990.7	1798.6	1259.0	-44.7	1214.3
		-18.50	771.1	1070.2	1847.3	1293.1	-44.7	1248.5
		-19.00	858.3	1142.6	2000.9	1400.6	-44.7	1356.0
		-19.50	1073.1	1221.7	2295.1	1606.6	-44.1	1561.9

Project : Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel : **Zuidzijde**

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen F_{rmp} [kN]	F_{rms} [kN]	F_{rm9} [kN]	Rekenwaarden Fr;d [kN]	F_{snkd} [kN]	F_{rnd} [kN]
64	-1.73	-12.50	653.6	367.2	1020.8	714.6	-44.7	669.9
		-13.00	677.9	441.1	1119.0	783.3	-44.7	738.6
		-13.50	681.5	513.7	1195.2	836.7	-44.7	792.0
		-14.00	660.6	575.6	1236.2	865.3	-44.7	820.7
		-14.50	628.2	644.5	1272.8	890.9	-44.7	846.3
		-15.00	615.6	703.8	1319.4	923.5	-44.7	878.9
		-15.50	529.0	755.3	1284.2	899.0	-44.7	854.3
		-16.00	542.5	799.7	1342.2	939.5	-44.7	894.9
		-16.50	556.0	856.7	1412.7	988.9	-44.7	944.2
		-17.00	768.1	910.3	1678.3	1174.8	-44.7	1130.2
		-17.50	771.1	994.7	1765.8	1236.1	-44.7	1191.4
		-18.00	768.9	1072.3	1841.2	1288.8	-44.7	1244.2
		-18.50	812.4	1135.7	1948.1	1363.7	-44.7	1319.0
		-19.00	911.1	1205.7	2116.8	1481.8	-44.7	1437.1
		-19.50	937.7	1283.3	2221.0	1554.7	-44.7	1510.0
65	-1.54	-12.50	575.2	513.7	1088.9	762.2	-44.7	717.5
		-13.00	543.0	575.1	1118.1	782.7	-44.7	738.0
		-13.50	614.1	619.6	1233.7	863.6	-44.7	818.9
		-14.00	588.2	688.5	1276.6	893.6	-44.7	849.0
		-14.50	557.9	747.4	1305.3	913.7	-44.7	869.1
		-15.00	592.9	803.8	1396.7	977.7	-44.7	933.0
		-15.50	554.9	863.7	1418.7	993.1	-44.7	948.4
		-16.00	573.9	916.0	1489.9	1042.9	-44.7	998.2
		-16.50	540.5	969.1	1509.5	1056.7	-44.7	1012.0
		-17.00	773.3	1018.8	1792.1	1254.5	-44.7	1209.8
		-17.50	736.7	1100.5	1837.3	1286.1	-44.7	1241.4
		-18.00	724.0	1178.8	1902.8	1332.0	-44.7	1287.3
		-18.50	780.4	1245.1	2025.6	1417.9	-44.7	1373.2
		-19.00	716.7	1312.1	2028.8	1420.1	-44.7	1375.5
		-19.50	725.8	1386.3	2112.1	1478.5	-44.7	1433.8
66	-1.51	-12.50	550.7	350.2	900.9	630.6	-44.7	585.9
		-13.00	536.4	418.4	954.8	668.4	-44.7	623.7
		-13.50	496.3	473.9	970.2	679.1	-44.7	634.5
		-14.00	644.0	517.5	1161.5	813.0	-44.7	768.4
		-14.50	617.3	583.4	1200.7	840.5	-44.7	795.8
		-15.00	627.3	634.2	1261.5	883.0	-44.7	838.4
		-15.50	624.3	696.9	1321.2	924.8	-44.7	880.2
		-16.00	593.4	757.3	1350.7	945.5	-44.7	900.8
		-16.50	916.4	808.5	1724.9	1207.4	-44.7	1162.8
		-17.00	864.0	893.9	1757.9	1230.5	-44.7	1185.9
		-17.50	877.8	978.7	1856.5	1299.6	-44.7	1254.9
		-18.00	875.4	1061.2	1936.6	1355.6	-44.7	1311.0
		-18.50	946.4	1128.1	2074.6	1452.2	-44.7	1407.5
		-19.00	935.2	1210.5	2145.7	1502.0	-44.7	1457.3
		-19.50	929.9	1293.7	2223.6	1556.5	-44.7	1511.9

Project Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel

SAMENVATTINGSTABEL Geval 2

Uitgangspunten

paal	ibro 4
- paaltype	Geheide in de gl.ond gevormde betonpaal;terugheiend
- schachtafmeting	D57 mm
raall:lassefactoI α_1	1.00
factor α_s **(tabel** 2 NEN 6743)	**0.014 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 3)**
Factor ξ	0.84

Alle niveaus/hoogtes/peilmatcn zijn t.o.V.: N.A.P.

maaiveld	paalpunt	Bezwijkdraagvermogen	Rekenwaarden

Project Opstijgpunten Noordzeekanaal 380 kV
Onderdeel

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN

Alle niveaus/hoogtes/peilrnaten zijn t.O.V.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Fr;llCllo;d [kN] Geval 2
61	-1.69	-14.50	318
		-19.50	540
62	-1.73	-14.50	312
		-19.50	542
63	-1.61	-14.50	213
		-19.50	468
	-1.73	-14.50	252
		-19.50	490
65	-1.54	-14.50	289
		-19.50	527
66	-1.51	-14.50	229
		-19.50	494

COLIJN AANNEMERSBEDRIJF BV
POSTBUS 66
4250 DB WERKENDAM
TEL : 0183 - 401011
FAX : 0183 – 403583
e-mail : info@colijn.nl

NOTITIE

VOOR	: Terracon Funderingstechnieken B.V.
T.A.V.	: I. Rijnberg
DATUM	: 09 december 2011
VAN	: J. Kleinhout
AANTAL BLADZIJDEN	: 4x

Project : Funderingen opstijgpunten 380 kV Noordzeekanaal
Bestek : …
Betreft : Wapening in funderingen veldhuisje
Versie : C

Inleiding

Terracon ontving van D&C engineering de opdracht voor het maken van een aantal funderingen opstijgpunten 380 kV Noordzeekanaal. Eén van de bijkomende werken betreft de fundatie van een eenvoudig veldhuisje. Door D&C engineering is aangegeven dat het gewicht van het veldhuisje 30 ton weegt.

Door Terracon is aan Colijn, zustermaatschappij van Terracon, gevraagd om de wapening van de fundatie uit te werken. De berekening van de fundatie (wapening) wordt in deze notitie uitgewerkt.

Toelichting op de vorige versie
In versie A (d.d. 3 maart 2011) is het veldhuisje berekend op veiligheidsklasse 1 (referentieperiode 15 jaar). Dit wordt aangepast naar veiligheidsklasse 3 (referentieperiode = 50 jaar).
De verhoging naar 50 jaar leidt niet tot consequenties op het ontwerp.

Toelichting op de huidige versie
In versie C wordt de veranderlijke gelijkmatig verdeelde belasting van 5 kN/m^2 toegevoegd. Dit leidt tot een extra belastingcombinatie. Er zijn geen consequenties m.b.t. het ontwerp.

Uitgangspunten

Documenten en tekeningen

Uitgegaan wordt van onderstaande documenten van D&C engineering:

Tekeningen:

- P10189-13; rev. 0; d.d. 14-01-2011; ‘Palenplan – Locatie Zuid’
- P10189-14; rev. 0; d.d. 14-01-2011; ‘Fundatieplan – Locatie Zuid’

Gegevens palen

De gegevens zijn door Terracon doorgegeven via interne organisatie.

Normen

De toegepaste normen uit de TGB-reeks zijn:

- NEN 6702; 2001 – Belastingen en vervormingen
- NEN 6720 incl. wijzigingsblad A3; juli 2004 – Voorschriften Beton

Betonkwaliteit en milieuklasse poer

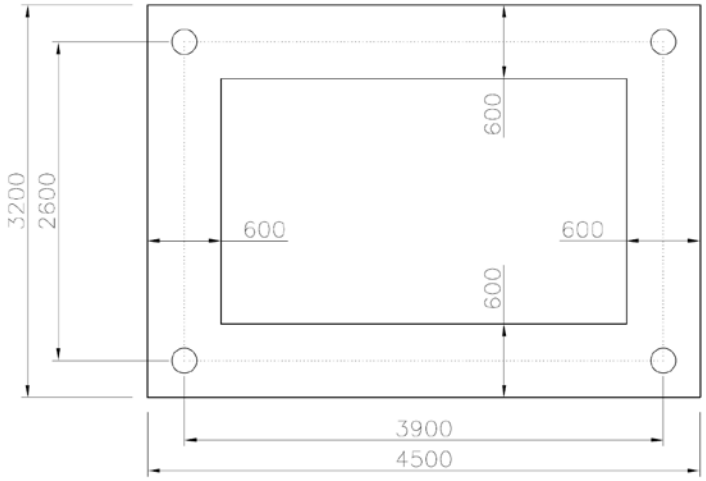
Keuze betonkwaliteit: C20/25
Milieuklasse: XC4 / XF2 (wisselend nat – droog / niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)
Minimale dekking op wapening: 35 mm → toegepast 40 mm

Veiligheidsklasse en referentieperiode

Veiligheidsklasse 3. De referentieperiode bedraagt 50 jaar.

Uitwerking fundatie

Geometrie



De fundatie is voorzien van vier palen in de hoekpunten.
Buitenmaten = 3,20 m x 4,50 m.
Binnenmaten = 2,00 m x 3,30 m.
Hoogte van de balken = 600 mm.
B.K. balken = maaiveld.

Belastingen

Eigen gewicht
Het gewicht van het veldhuisje bedraagt (cf. opgave) 30 ton = 300 kN.
Het gewicht van de fundatie bedraagt {(3,20 x 4,50) – (2,00 x 3,30)} x 0,60 x 25 = 117 kN

Veranderlijke belasting
Gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting 5 kN/m^2.
Geschatte afmeting vloeroppervlak = 3,90 m x 2,60 m

Sneeuwbelasting
De sneeuwbelasting op het dakoppervlak wordt berekend met $p_{rep} = C_i\ p_{sn;rep}$.

Waarin:
p_{rep} = sneeuwbelasting op het dak
C_i = vormfactor = 0,8 (uitgaande van een dakhelling < 30^0).
$p_{sn;rep}$ = sneeuwbelasting op de grond = 0,7 kN/m^2

→ p_{rep} = 0,8 x 0,7 = 0,56 kN/m^2

Windbelasting
De windbelasting wordt berekend met $p_{rep} = C_{dim}\ C_{index}\ C_{eq}\ \phi_1\ p_w$

Waarin:
C_{dim} = factor die de afmetingen van de het bouwwerk in rekening brengt = 1,0
C_{index} = windvormfactor = 0,8 + 0,4 = 1,2
C_{eq} = drukvereffeningsfactor = 1,0
ϕ_1 = vergrotingsfactor = 1,0
p_w = stuwdruk = 0,54 kN/m^2 (Gebied II, onbebouwd, H $\leq$ 3,00 m; aanname)

p_{rep} = 1,0 x 1,2 x 1,0 x 1,0 x 0,54 = 0,65 kN/m^2

Belastingcombinaties:

	BGT	UGT
BC1	EG	1,35 EG
BC2	EG + SN	1,2 EG + 1,5 SN
BC3	EG + WI	1,2 EG + 1,5 WI 0,9 EG + 1,5 WI
BC4	EG + VB	1,2 EG + 1,5 VB

	BGT	UGT
BC1	300 kN + 117 kN = 417 kN Te verdelen over 4 palen = 104 kN elk	1,35 x 417 kN = 563 kN Per paal = 1,35 x 104 = 141 kN → Niet maatgevend t..o.v. BC 4
BC2	300 kN + 117 kN + 0,56 x (3,20 x 4,50) = 300 kN + 117 kN + 8,1 kN = 425 kN Per paal = 106 kN	1,2 x (300 + 117) + 1,5 x 8,1 = 512 kN Per paal = 128 kN → Niet maatgevend t..o.v. BC 4
BC3	Horizontale belasting t.g.v. wind = 0,65 kN/m^2 x 4,50 m x 3,00 m = 8,8 kN Dit veroorzaakt een moment t.o.v. MV = 8,8 x (0,50 x 3,00 m) = 13,2 kNm Reactiekracht ↓↑ = 13,2 / 2,60 = 5,1 kN ↓↑ Min. reactie paal = 104 – 5,1 / 2 = 101 kN Max. reactie paal = 104 + 5,1 / 2 = 106 kN	Min. reactie = 0,9 x 104 - 1,5 x 5,1 /2 = 90 kN Max.reactie = 1,5 x 104 + 1,5 x 5,1 /2 = 129 kN → Niet maatgevend t..o.v. BC 4
BC4	300 kN +117 kN + (3,90 x 2,60) x 5 = 467 kN Per paal = 117,8 kN	1,2 x (300+117) + 1,5 x (3,90 x 2,60) x 5 = 576 kN Per paal = 144 kN → vrijwel gelijk aan BC 1 → afwijking = 1,02 → de rest van de berekening wordt niet aangepast.

Conclusie:
Maximale paalreactie = 144 kN (rekenwaarde)
Minimale paalreactie = 91 kN (rekenwaarde)

Er komt geen trek voor in de palen.

Mechanicaberekening
Uitgangspunt is dat de belastingen gelijkmatig verdeeld worden over de gehele fundatie.

Omtrek hartlijnen palen = (2,60 + 3,90) x 2 = 13,0 m
Per strekkend meter = q_{rep} = 417 kN / 13,0 m = 32,1 kN/m^1 en q_d = 563 kN / 13,0 m = 43,4 kN/m^1.

Lange richting:
$M_{y;rep}$ = 1/8 x 32,1 x 3,9^2 = 61,0 kNm
$M_{y;d}$ = 1/8 x 43,4 x 3,9^2 = 82,5 kNm
V_d = ½ x 43,4 x 3,9 = 84,6 kN

Korte richting:
$M_{y;rep}$ = 1/8 x 32,1 x 2,6^2 = 27,1 kNm
$M_{y;d}$ = 1/8 x 43,4 x 2,6^2 = 36,7 kNm
V_d = ½ x 43,4 x 2,6 = 56,4 kN

Betonberekening
Geometrie:
b = 600 mm
h = 600 mm
c = dekking = 35 mm (vereist)
c = dekking = 40 mm (toegepast)
$\varnothing_{bgl}$ = diameter beugelwapening = 10 mm
$\varnothing_{hw}$ = diameter hoofdwapening = 12 mm
d = h – c – $\varnothing_{bgl}$ – ½ $\varnothing_{hw}$ = 554 mm

Betonkwaliteit C20/25
f'$_b$ = 15,0 N/mm^2, f'$_{ck}$ = 25,0 N/mm^2, f_{bm} = 2,3 N/mm^2
τ_1 = 0,46 N/mm^2
f_s = 435 N/mm^2
$w_{o;min}$ = 0,15
Milieuklasse XF4, XF2 (wisselend nat – droog / niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)
k_1 = 2.500, k_2 = 500, k_3 = 40.000, ξ =1,0

Toetsing lange richting (maatgevend):
Toegepaste wapening: **5 ∅ 12 (A_s = 565 mm^2)**

x_u = A_s . f_s / (0,75 . b . f'_b) = 565 x 435 / (0,75 x 600 x 15) = 36 mm
z = d – 7/18 x_u = 554 – 7/18 x 36 = 540 mm
M_u = z . f_s . A_s = 0,54 x 565 x 435 = 132,8 kNm → M_U > M_d → akkoord

Wapeningspercentage ω_0 = 565 / (600 x 600) x 100% = 0,16 > 0,15 → akkoord

σ_s = M_{rep} / M_u * $A_{s\ ben.}$/ $A_{s\ aanw}$ * f_s = 61,0 / 82,5 x 82,5 / 132,8 x 435 = 200 N/mm^2
$\sigma_{b;optredend}$ = 61,0 x 10^6 / (1/6 x 600 x 600^2) = 1,7 N/mm^2
$\sigma_{b;optredend}$ < f_{bm} (= 2,3 N/mm^2) → onvolledig ontwikkeld scheurenpatroon

Dient te voldoen aan onderstaande voorwaarden (NEN 6720; art. 8.7.3):
$\varnothing_{km} \leq k_3\ \xi\ f'_{ck} / (\sigma_{sr} + \sigma_s)^2 \geq k_1\ \xi / (\sigma_{sr} + \sigma_s)$ en ≤ 50

$\varnothing_{km}$ = 12 mm ≤ {40.000 x 1,0 x 25 / (0 + 200)^2} = 25,0 mm ≥ {2500 x 1,0 / (0+200)} 2500) = 12,5 mm ≤ 50 mm → voldoet

Toetsing dwarskracht (NEN 6720; art. 8.2.2):
V_d = 84,6 kN/m^1
τ_d = V_d / b * d = 0,25 N/mm^2 (b = 0,60 m en d = 0,554 m)
τ_1 = 0,46 N/mm^2 > τ_d → akkoord → praktische beugelwapening toepassen.

In te storten voorzieningen door opdrachtgever te bepalen.

De benodigde wapening van de fundatie is aangegeven op tekening 311.07-A-04. Deze tekening is los bijgevoegd bij deze notitie.

COLIJN AANNEMERSBEDRIJF BV
POSTBUS 66
4250 DB WERKENDAM
TEL: 0183 - 401011
FAX : 0183 - 403583
e-meil : info@colijn.nl

NOTITIE

VOOR	: Terracon Funderingstechnieken B.V.
T.A.V.	: I. Rijnberg
DATUM	: 22 maart 2011
VAN	: J. Kleinhout
AANTAL BLADZIJDEN: 6x	

Project : Funderingen opstijgpunten 360 kV Noordzeekanaal
Bestek : ...
Betreft : Wapening in poeren funderingen afspanmasten 380 kV Noordzeekanaal
Versie : B

Inleiding

Terracon ontving van D&C engineering de opdracht voor het maken van een aantal funderingen opstijgpunten 360 kV Noordzeekanaal. Er zijn verschillende typen funderingen voorzien: (1) eindsluiting; (2) Stroomtrafo, (3) OSA, (4) Afspanmast 15,0 m - 750 – 200 en (5) Afspanmast 7,5 m - 400 - 200.
De berekening van de ondersteuningen zijn uitgewerkt door D&C engineering. Terracon heeft de paalberekeningen uitgevoerd. Aan Colijn, zustermaatschappij van Terracon, wordt gevraagd om de wapening in de poer te tekenen en te dimensioneren. In een andere nolilie zijn de funderingen (1) Urn (3) uitgewerkt. Deze notitie bekijkt de funderingen (4) en (5).

Toelichting op versie B
In de tweede uitgave heeft een optimalisatie plaats gevonden voor afspanmast 7,5 m - 400 - 200.
De afmetingen van de poer van deze mast worden iets kleiner dan die van afspanmast 15,0 - 750 - 200.

Uitgangspunten

Documenten en *tekeningen*
Uitgegaan wordt van onderstaande documenten van D&C engineering:

Rapporten:
(1) Ondersteuning eindsluitingen; berekeningnr B11002; rev. 0; d.d. 7-1-2011
(2] Ondersteuning OSA; berekeningnr B1 1003; rev. 0; d.d. 10-1-2011
(3) Ondersteuning spanningstrafo; berekeningnr B1 1004; rev. 0; d.d. 13-1-2011

Tekeningen:

- P10189-01; rev. 0; d.d. 14-01-2011 ; 'Totaaloverzicht opstijgpunten Noord- en Zuidzijde'
- P10189-02; rev. 0; d.d. 14-01-2011 ; 'Overzicht opstijgpunt Zuidzijde'
- P10189-03; rev. 0; d.d. 14-01-2011 ; 'Overzicht opstijgpunt Noordzijde'
- P10189-11 ; rev. 0; d.d. 14-01-2011 ; 'Staaloverzicht + hekwerk - Locatie Zuid'
- P10189-12; rev. 0; d.d. 14-01-2011 ; 'Staaloverzicht - Locatie Zuid (doorsneden)'
- P10189-13; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Palenplan – Locatie Zuid'
- P10189-14; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Fundatieplan - Locatie Zuid'
- P10189-31; rev. 0; d.d. 13-01-2011; 'Staalconstructie eindsluiling'
- P10189-32; rev. 0; d.d, 13-01-2011; 'Staalconstructie OSA'

Let op: bij een aantal tekeningen staat een lœreet 'CONCEPT

Notities zonder /cenmerk:
[4J Fundatie belastingen afspanmast 15,0 rn -750 – 200
[5J Fundatie belastingen afspanrnast 7,5 m - 400 - 200

Gagevens ***palen***
De gegevens zijn door Terracon doorgegeven via interne organisatie,

Normen
De toegepaste normen uil de TGB-reeks zijn:
NEN 6720 Incl. wijzigingsblad A3; juli 2004 – Voorschriften Beton
NEN 6770 Incl. wijzigingsblad A1; dec 2001 – Staalconstructies
NEN 6772 incl. wijzigingsblad A1; dec 2001 - Staalconstructies - verbindingen

Betonkwaliteit en *mll/euklasse poer*
I<euze betonkwaliteit: *C28/35*
Milieuklasse: *XC41* XF2 (wisselend nat - droog *1* niet volledig verzadigd met water, met doo/zoulen)
Minimale dekking op wapening: 35 mm → toegepast 40 mm

Uitwerking poer afspanmast 16,0 m - **760 - 200**

BelastIngen
De maximale belastingen zijn:
Voetmoment = 388 kNm → 1,25 x 388 = 485 kNm
Dwarskracht =42 kN → 1,25 x 42 =52,5 kN
Verticale kracht =50 kN → 1,25 x 50 = 62,5 kN
Minimale verticale kracht = 38 kN (t.b.v. bepalen max. trek in paal)

De factor van 1,25 betreft een toeslag/actor conform wens opdrachtgever.

Overige belastingen:
EG poer – representatief = 1,60 x 1,60 x 25 = 64 kN
EG poer – rekenwaarde = 1,2 x 64 = 76,8 kN

Paalconfiguatie op MV – 200 mm is 1,10 m bij 1,10 m.
Schoorstand palen =8:1.

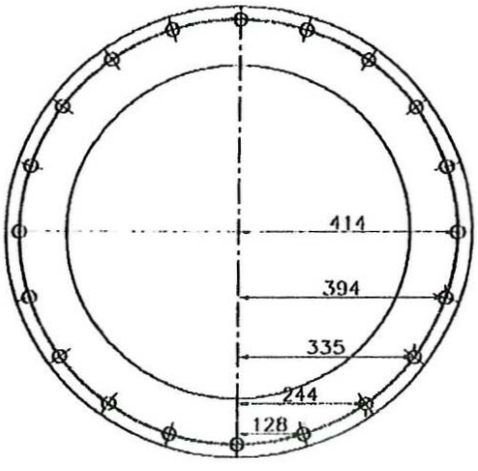
Indicatie maximale belasting (rekenwaarden) per paal:
Verticale kracht t.g.v. EG en opgave = (62,5 + 76,8) *14* = 139 kN ↓
Verticale kracht t.g.v. moment per paal =*4851* (1,10 x 2) = 220 kN ↓ f
Dit geldt Indien moment haaks op poer optreedt.

Indien moment schuin (= overhoeks) op de poer optreedt geldt:
Verticale kracht t.g.v. moment per paal = *485/1* ,56 =312 kN ↓ f

Indien moment haaks op poer optreedt:
Max. druk = 139 + 220 = 359 kN ↓
Max. trek =(0,9 x *64/4* + 38) – 220 = - 168 kN ↓ =168 kN f

Indien moment overhoeks optreedt:
Max. druk = 139 + 312 =451 **kN** ↓
Max. trek = (O,9 x 64 + 38) *14* – 312 = - 288 kN ↓ = 288 kN f

Toetsing verankering draade/IIde (ankerplaat)
De instortring met een dikte van 15 mm is voorgeschreven door de opdrachtgever.
Er worden 20 draadeinden M22 (8.8) toegepast.

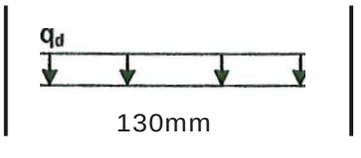


Bepaling max. trek *1* druk in de draadeinden t.g.v. moment = 485 kNm.
Hierbij wordt uitgegaan dat de neulrale lijn in hart ring ligt. Dat is een goede benadering omdat geen ondersabeling wordt toegepast.

Z [mm]	N [-]	Z2 [mm2]	$R_{s;d}$ [kN]	Controle M [kNmI
414	2	342792	117	97
394	4	620944	111	175
335	4	448900	95	127
244	4	238144	69	67
128	4	65536	36	19
		17163616		485

De $R_{s;d}$ is berekend met $M_{s;d}$ x z $1\Sigma z^2$.

Om de dikte van de ingestorte ring Ie toetsen wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting over de afstand tussen de draadeinden, waarbij het veld als volgt wordt geschemaliseerd:



q, ≈ {(111 *+117+111)/3} / 0,130 = 869kN/m'*

Maximaal steunpuntsmomenl = *1/12* q, L^2 → 1,22 kNm
Maximaal veldmomenl = *1/24* q, L^2 → 0,61 kNm

T.p.v. van steunpuntsmoment is de plaet verslerkt door aanwezigheid van een moer aan zowel boven- ais onderzijde. Daarom wordl alleen het veldmoment getoetst.

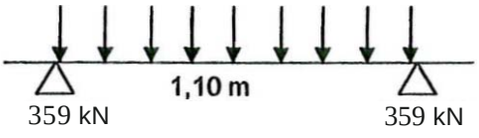
Breedte ring = (880 - 650) *1* 2 = 115 mm
W = *1/6 x 115 x* 15^2 = *4312* mm^3

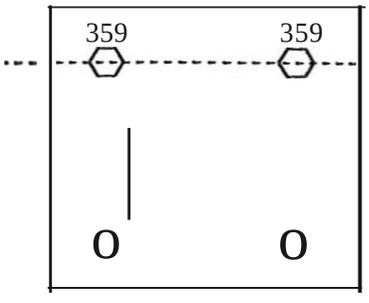
$\sigma_{s;d} = MI$ W " 0,61 x 10^3 / *4312* = 141 N/mm^2 < 235 N/mm^2 → akkoord.

Controle contactspanning ≈ 117 x 10^3 *1* (130 x 115) = 7,63 N/mm^2 < 0,7 x 21 = 14,7 N/mm^2 → voldoet.

Berekening wapening In poer
Maatgevend is de situatie als moment haaks op de poer optreedt.

Voor de berekening wordt uitgegaan van een denkbeeldige ligger, ondersteund op twee steunpunten, welke beiden op druk worden belast en een gelijkmatig verdeelde lijnlast tussen de palen.





Gemiddelde q-belasling =2 x *359/1,10* =652,7 kN/m'

Maximaal moment in de poer = *118* x q, xL' = *1/8* x 652,7 x 1,10' = 99 kNm
Dit treedt op over de heir! van de breedte van de poer →
moment per eenheid van breedte =*991* 0,80 =124 kN/m'

Keuze wapening FeB 0 12 - 200
A, = 565 *mm'I* m'
f, = 435 *N/mm'*
N, = A, f, = 565 x 435 x 10.^{3} = 246 kN/m'

Gelet op de hoogte van de poer dient gerekend te worden met de inwendige hefboomsarm. Dat betekent wel dat ophangwapening moet worden toegepast (omdat een ingestorte ring aanwezig is).

Volgens NEN 6720, art. 8.1.4 geldt dat liggers waarvoor **geldt:** L_o / **h** ≤ 2,0 als gedrongen liggers moeten worden beschouwd. Maximaal moment is dan M_u = A. f. z.

L_o = 1,10 m, h = 1,00 m → L_o / h = 1,10 < 2,00 → het is een gedrongen ligger

In statisch bepaalde liggers dient te worden aangehouden: z = 0,2 L + **0,4** h ≤ 0,6 L
z = 0,2 x 1,10 + **0,4** x 1 = 0,62 < (0,6 x 1,1 =) 0,66 → toepassen z = 0,62 m.

→ M_u =246 x 0,62 =152,5 kNm/m'

Toetsing sterkte: *124/152,5* = 0,81 < 1,00 → voldoet.

Controle scheurvonning
Doorgaans is de verhouding tussen de UGT en de BGT rond de 1,3. Echter is een toeslagfactor van 1,25 bovenop toegepast. Hiermee wordt de BGT ca. *1/1,25* x *1/1,3* = 0,61.

M_{rep} " 0,61 x 124 = 76 kNm/m'

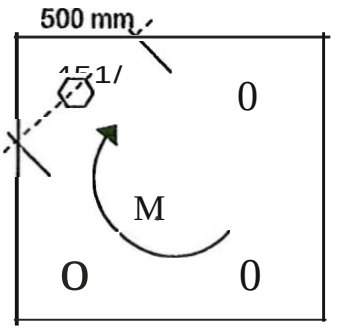
<J, = Md / M_u x M,op / Md x f. = *124/152,5* x *761124* x 435 = 217 *N/mm'*

Volgens tabel 36 van de NEN 6720 is de maximale kenmiddellijn 12,0 mmoToegepaste kenmiddellijn bedraagt 12 mm → voldoet.

Opllangwapening
De hoeveelheid ophangwapening wordt bepaald a.h.v. van de maximale trekkracht in de paal. Deze maximale trel<kracht bedraagt 288 kN (indien moment overhoeks is).
Per paal zijn 8 staven rond 12 beschikbaar → 8 x 113 x 435 x 10.^{3} = 393 kNo
Toetsing sterkte = *286 / 393* = 0,73 < 1,00 → voldoet.

Staalspanning in de BGT:
<J, = N_d / Nu x N_{rep} / N_d x f, = 286 / 393 x (ca.) 0,61 x 435 = 194 N/mm' < 217 *N/mm'* (zie bovenstaande), dus staven 0 12 zijn akkoord.

Controle dwarskracht
Maximale drukkrachl in de paal = 451 kN (overhoeks)



b = 500 √ 2 = 707 mm (benadering)

Het betreft een gedrongen ligger → d = h.

T. = 451 x 10' / 707 x 1000 = 0,64 NJmm'

Bij betonkwalileit *C28/35* geldt T, = 0,56 N/mm'

Nadere beschouwing verhoogde T,

T, = 0,4 • f_b · k_λ * k_h· (coo)''' ≥ **0,4** f_b

λ_v =M.;m" *1* (d ·V.;m,x)	=485 / (1,00 x 451) =1,08 > 0,6 → λ_v =0,6
g_λ =2,5 – 3 λ_v^2	=2,5 - 3 x $0,6^2$ =1,42 > 1,36 → g_λ =1,42
(A_0 *1* b h)'''	= ¼ x π x 356' / (707 x 1000) '13 = 0,52
k_λ = 12 / g_λ * (A_0 / *b* h)'13	=12 / 1,42 xO,52 =**4,4**
k_h =1,6 – h	=1,6 - 1,0 =0,6 < 1,0 → k_h =1,0
A,'oag,p,..	= 2 x 905 mm' (= onderwapening in zowel **x-** als v-richting)
Wo =100· As *1* (b· d)	=100 x (2 x 905) *I* (707 x 1000) =0,26
(WO)'13	= 0,63
f_b	= 1,40 *N/mm'*

Invullen levert op: T, = **0,4** x 1,40 x 4,4 x 1,0 x 0,63 = 1,56 N/mm' > 0,56 NImm'

Toetsing τ_d < τ_1 = 0,64 < 1,56 → voldoet.

Uitwerking poer afspanmast 7,6 m - 400 - 200

Belastingen
De maximale belastingen zijn:

Voetmoment	=223 kNm	→ 1,25 x 223	=279 kNm
Dwarskracht	= 30 kN	→ 1,25 x 30	= 37,5 kN
Verticale kracht	= 16 kN	→ 1,25 x 16	= 20 kN

Minimale verticale kracht = 12 kN (t.b.v. bepalen max. trek in paal)

De factor van 1,25 betreft een toeslagfactor conform wens opdrachtgever.

Overige belastingen:

EG poer - representatief	= 1,30 x 1,30 x 25 = 42 kN
EG poer – rekenwaarde	= 1,2 x 42 =50,7 kN

Paalconfiguatie op MV – 200 mm is 0,90 m bij 0,90 m.
Schoorsland palen = 8:1.

Indicatie maximale belasting (rekenwaarden) per paal:
Verticale **kracht** t.g,v. EG en opgave =(50,7 + 20) 14 =18 kN ↓
Verticale kracht *t.g.v.* moment per paal = *2791* (0,90 x 2) = 155 kN ↓ t
Dil geldt indien moment haaks op poer optreedt.

Indien moment schuin (= overhoeks) op de poer optreedt geldt:
Verticale kracht t.g.v. momant per paal =279 / 1,27 =174 **kN** ↓ t

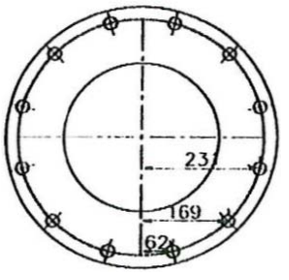
Indien moment haaks op poer optreedt:
Max. druk = 18 + 155 = **173 kN** ↓
Max. trek = (0,9 x 1214 + 16) - 155 =- **134 kN** ↓ =1341<N t

Indien moment overhoeks optreedt:
Max. druk = 18 + 174 = 192 kN ↓
Max. trek = (0,9 x 42 + 12) *14* -174 = - 162 kN ↓ = 162 kN t

Berekening wapening In poer
De belastingen in deze poer zijn aanmerkelijk lager dan bij de poer van afspanmast15,O – 750 - 200.
Doch wordt dezalfda wapaning toagepast als bij mast 15,0 - 750 - 200.

Hiaronder vindt de controla plaats van alleen da ingestorta ring. Deze kent andare afmetingen dan de andere masllype.

De instortring met een dikte van 15 mm is voorgeschreven door de opdrachtgaver.
Er worden 12 draadeinden M22 (8.8) toegepast.



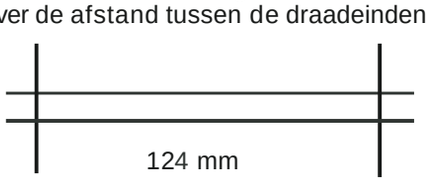
Bepaling max. trek *1* druk in de draadeinden t.g.v. moment = 1,25 x 223 = 279 kNm.
Hierbij wordt uitgegaan dat de neutrale lijn in hart ring **ligt.** Dat is een goede benadering omdat geen ondersabeling wordt toegepast.

Z [mm)	N [-J	Z2 [mm^2)	Ra;. [kNJ	Controle M [kNmI
231	4	213444	188	174
169	4	114244	137	93
62	4	15376	50	13
		343064		279

1
1 ,

De $R_{s;d}$ is berekend met $M_{s;d}$ x z $1\Sigma z^2$.

Om de dikte van de ingestorte ring te toetsen wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting over de afstand tussen de draadeinden, waarbij het veld als volgt wordt geschematiseerd:



q• .. *188/0,124* = 1516 kN/m'

Maximaal steunpuntsmoment = *1/12* q, L' → 1,59 kNm
Maximaal veldmoment = *1/24* q, L' → 0,97 kNm

T.p.v. van steunpuntsmoll1ent is de plaat verslerkt door aanwezigheid van een moer aan zowel boven· als onderzijde. Daarom wordt alleen het veldmoll1ent getoetst.

Breedte ring = (530 – 300) / 2 = 115 mm
W = *1/6* x 115 x 15' =4312 mm^3

$\sigma_{s;d}$ = M *1*W = 0,97 x *10^3 / 4312* = 225 *N/mm'* < 235 N/mll1' → aldmord.

Controle contactspanning .. 188 x *10^3 1*(130 x **115)** = **12,5** *N/mm'* < 0,7 x 21 = **14,7** *N/mm'* → voldoet.

COLIJN AANNEMERSBEDRIJF *BV*
POSTBUS 66
4250 DB WERKENDAM
TEL :0163- 401011
FAX: 0163 - 403563
e-mail: info@colijn.nl

NOTITIE

VOOR	: Terracon Funderingstechnieken BV.
T.A.V.	: I. Rijnberg
DATUM	: 24 februari 2011
VAN	: J. Kleinhout
AANTAL BLADZIJDEN: 4x	

Project : Funderingen opstijgpunten 380 kV Noordzeekanaal
Bestek . .. .
Betreft : Wepening in poeren funderingen opstijgpunten 380 kV Noordzeekanaal
Versie: B

Inleiding

Terracon ontving van D&C engineering de opdracht voor het maken van een aantal funderingen opstijgpunten 380 kV Noordzeekanaal. Er zijn verschillende typen funderingen voorzien: (1) eindsluiting; (2) Stroomtrafo en (3) OSA.
De berekening van de ondersteuningen zijn uitgewerkt door D&C engineering. Terracon heeft de paalberekeningen uitgevoerd. Aan Colijn, zustermaatschappij van Terracon, wordt gevraagd om de wapening in de poer te tekenen en te dimensioneren. Het dimensioneren wordt in deze notitie uitgewerkt.

Toelichting op versie B
De **voorkeur** van de opdrachtgever is om geen ondersabeling toe te passen. Dit heeft consequenties voor de draadeinden en de wapening. De draadeinden worden minder lang en de toegepaste wapening wordt constructief. De toegepaste wapening wordt berekend en getoetst. De wijzigingen t.o.v. de oorspronkelijke notitie worden aangeduid met een kantstreep.

Uitgangspunten

Documenten en *tekeningen*
Uitgegaan wordt van onderstaande documenten van D&C engineering:

Rapporten:
[1] Ondersteuning eindsluitingen; berekeningnr B11002; rev. 0; d.d. 7-1-2011
(2) Ondersteuning OSA; berekeningnr B11003; rev. 0; d.d. 10-1-2011
[3] Ondersteuning spanningstrafo; berekeningnr B11004; rev. 0; d.d. 13-1-2011

Tekeningen:
- P10169-01; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Totaaloverzicht opstijgpunten Noord- en Zuidzijde'
- P10169-02; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Overzicht opstijgpunt Zuidzijde'
- P10169-03; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Overzicht opstijgpunt Noordzijde'
- P10169-11; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Staaloverzicht + hekwerk - Locetie Zuid'
- P10169-12; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Staaloverzicht - Locatie Zuid (doorsneden)'
- P10169-13; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Palenplan - Locetie Zuid'
- P10169-14; rev. 0; d.d. 14-01-2011; 'Fundatieplan – Locatie Zuid'
- P10169-31; rev. 0; d.d. 13-01-2011; 'Staalconstructie eindsluiting'
- P10169-32; rev. 0; d.d. 13-01-2011; 'Staalconstructie OSA'

Let op: bij een aantal tekeningen staat een kreet 'CONCEPT'

Gegevens palen
De gegevens zijn door Terracon doorgegeven via interne organisatie.

Normen
De toegepaste normen uit de TGB-reeks zijn:
NEN 6720 incl. wijzigingsbied A3; juli 2004 – Voorschriften Beton
NEN 6770 incl. wijzigingsblad A1; dec 2001 – Staalconstructies
NEN 6772 incl. wijzigingsblad A1; dec 2001 - Staalconstruclies - varbindingen

Betonkwaliteit en ml//euklasse poer
Keuze betonkwaliteit: *C28/35*
Milieuklasse: XC4 *1* XF2 (wisselend nal- droog / niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)
Minimale dekking op wapening: 35 mm → toegepast 40 mm

Uitwerking poer EIndsluiting

Toetsing verankering dreedelnde (ankerplaat)
Volgens de rapport (1) van D&C Engineering dienen er praktisch 4x M30 (8.8) draadeinden te worden ingestort. Rekentechnisch zouden 4x M24 (8.8) voldoen.

Maatgevend is de trekkracht. Maximale spanning volgens rapport (1). folio 4-2, is 425,8 *N/mm'.*

Deze spanning wordt vertaald naar een trekkracht → 425,8 *N/mm'* x 353 mm' (= Ab.') = 150 kN

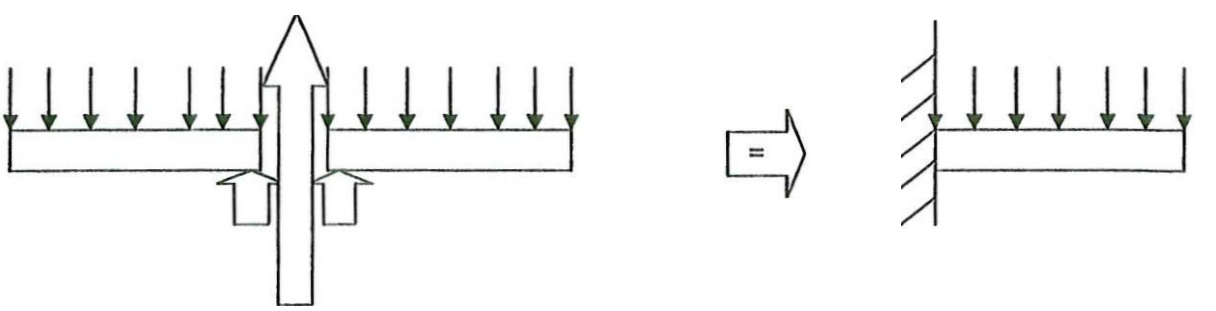
Ankers in de sterkteklasse 8.8 moeten altijd te worden voorzien van een verankeringsplaat. Deze plaat dient de volledige ankertrekkracht Ft;u. aan het beton af te dragen. Er wordt geen rekening gehouden mei aanhechting tussen anker en beton.

Voor zover is niet bekend of de draadeinden voorgespannen moeten worden. Indien de draadeinden voorgespannen moeten worden dient een densoband omhulling rondom de draadeinden toegepast te worden.

Omdat praktisch M30 wordt toegepast en minimaal M24 nodig is, wordl de verankeringsplaat gedimensioneerd op Ft;Ud van een M24 = 203 kNo Dit om een onnodig zware verankeringsplaat te voorkomen.

Minimaal benodigd oppervlakte verankeringsplaat:
A","=F,u./O,7fb = 203x10^3 /0,7x21 = 13.810mm'
Diameter bout (A_b) wordt erbij opgeteld → 13.810 + 707 = 14.517 mm'
Minimale afmetingen = b = h = √ 14.517 = 120 mm

Voor de dikte van de plaat (keuze staalkwalileit 8355) wordt uitgegaan van onderstaande modellering:



Voor de modellering wordt uitgegaan van een ronde doorsnede.
Buitendiameter = 1,13 x 120 = 135,6 mm (theoretisch)
Binnendiameter = h.o.h. afstand contactvlak moer = 42 mm
Oppervlakte = π / 4 (135,6' – 42') = 13.056 mm'
Gemiddelde conlaclspanning " 203 x *10^3 /13.056 "* 15,5 *N/mm'*
Beschouwd wordt een strookje van 1 mm → q = 15,5 x 1 = 15,5 *N/mm'*

Maximaal moment " ½ q L^2 = ½ x 15,5 x (135,6 _ 42)' = 67.897 *mm'/mm'*
Minimale dikte volgt uit: t_{ml}" = √ (6 x 67.897 *1355)* = 33,9 mm → toepassen t = 40 mm
σ = M *1* W = 67.897 / *(1/6* x 1 x 40') = 254,6 N/ll1ln'

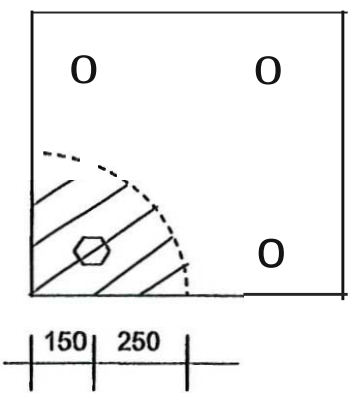
Er treedt ook een schuifspanning op: F = q L = 15,5 x (135,6 - 42) = 1450,8 N
τ = 3 F *12* A = 3 x *1450,8/2* x 40 = 54,4 *N/mm²*

Toetsing combinatiespanning = $\sqrt{(254,6^2 + 3 \times 54,42)}$ = 271,5 Nlmm² < 355 Nlmm² → voldoet.

ToetsIng verenkering draedeinde (pons)
Cf. NEN 6720, art. 8.3.1

$\tau_d = F_d / p\ d$

Waarin:
$F_d = F';U;d$
P = omtrek stippellijn (zie figuur hiernaast) = 0,25 x π x 250 + 2 x 150 = 496 mm
d = afstand tussen b.k. ankerplaat en hart wapening = 500 - ½ x 40 - 40 – 12 / 2 = 434 mm
a, = afstand tussen draadeinde en rand = 150 mm



τ_d = 203 x 10^3 I 496 x 434 = 0,94 Nlmm²

$\tau_u = \tau$ = min. 0,8 f_b = 0,8 x 1,40 = 1,12 Nlmm²

Toetsing $\tau_d \leq \tau_u$ → 0,94 < 1,12 → voldoet

Pons is dus niet maatgevend.

Toetsing verankering dreede/nde (neer langswepenlng peel)
De verankering van de poer volgt uit berekening van Terracon.
De langswapening is: FeB 500 8 Ø 16.

De overdrachtslengte van een Ø 16 staaf bij dekking ≥ 50 mm = 360 mmo
Toegepast wordl800 mm t.o.v. OK poer. Effectieve toegepaste lengte = 800 – 40 – 12 = 748 mm,
748 mm > 360 mm → voldoet.

Wapening in de poer:
De kracht vanuit draadeinde dient middels ophangwapening overgedragen te worden naar de langswapening van de paal. Binnen de gearceerde oppervlak van figuur hierboven dient per draadeinde voldoende wapening te worden aangebracht.

Op het vorige blad is de ankerpleat gedimensioneerd op M24 i.p.v. M30 (omdat M24 minimaal benodigd was). Ook de wapening wordt ontworpan op de trekkracht van een M24, te weten 203 kNo

Keuze 6 staven FeB500 Ø 12 = 6 x 113 x 435 I 1000 = 295 kN > 203 kN → voldoet.

Voor de controle van de scheurwijdte is de BGT-waarde van de ankerkracht van belang. Dat is niet geheel bekend. Er zit aerdig wat veiligheid in de construclie: in eerste instantie in de belastingcoêfficiênten en daarnaast kennen de toegepaste draadeinden een maximale U.C. van ca. 0,75. De verhouding BGT-UGT ligt (vaak) rond de 1,3 (of 1/1,3 = 0,76). Max. BGT-waarde wordt dus 0,75 x 0,76 x 203 = 115,7 kNo

De daarbij behorende spanning in de ophangwapening is 115,71295 x 435 = 170 Nlmm².

Volgens tabel 36 van de NEN 6720 is de maximale kenrniddellijn 15,4 mmoToegepaste kenmiddellijn bedraagt 12 mm → voldoet.

Uitwerking poer Spanningstrafo & OSA

Het verschil met de poer EIndslultIng Is dal hier minimaal 4x M20 8.8 nodig ziJn I.p.v. 4x M24 8.8.
Doch Is In de rapportage van D&C engineering wear gekozen om 4x M30 8.8 toe Ie passen.

Voor de eenduidigheid en repetitie-effect wordt gekozen om dezelfde lengten en wapening als bij poer EIndsluitIng loe te passen.

Onderwerp	:	**Ondersteuning eindsluitingen**
Onderdeel	:	**Berekening ondersteuning**
Opdrachtgever	:	**Visser&Smit Hanab**
Order	:	**P10189**
Dossier	:	**10.060**
Naam	:	**J. Boogert**
Gecontroleerd	:	**C. de Jong**
Revisie	:	**A**
Datum	:	**25-10-2011**
Berekeningnr.	:	**B110002**

ISO 9001:2000
QualityMasters
SRTCI
ACCREDITED

Revisie	0	A	B	C	D	E	F	G
Datum	07-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Naam	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Gecontr.	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Staalindustrieweg 3, 2952 AT Alblasserdam (NL) / P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam (NL).
Tel.: +31 (0)78-6919222, Fax.: +31 (0)78-6917301

Revisie	Datum	Uitvoering c.q. wijziging
0	7-Jan-11	Eerste uitgave
A	25-Oct-11	Opmerkingen Tennet verwerkt.

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	07-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

INHOUDSOPGAVE

Onderwerp		**Folio**
1.0	**Algemeen**	1 - 1
1.1	Inleiding	1 - 1
1.2	Ontwerpvoorschriften	1 - 1
1.3	Gebruikte tekeningen en documenten	1 - 1
1.4	Veiligheidsfactoren	1 - 1
1.5	Materialen	1 - 1
1.6	Programmatuur	1 - 1
1.7	Uitgangspunten	1 - 2
2.0	**Rekenmodel**	2 - 1
2.1	Geometrie	2 - 1
2.2	Schematisering	2 - 2
2.3	Belastingen	2 - 3
2.3.1	Eigengewicht staal + componenten	2 - 3
2.3.2	Eigengewicht draad + toebehoren	2 - 3
2.3.3	Maximale kracht eindsluiting	2 - 4
2.3.4	Windbelasting	2 - 4
2.4	Belastingcombinaties	2 - 5
3.0	**Resultaten EEM analyse**	3 - 1
3.1	Verplaatsing	3 - 1
3.2	Unity checks	3 - 1
3.3	Reactiekrachten	3 - 1
4.0	**Verankering**	4 - 1
5.0	**Verstevigingen**	5 - 1

BIJLAGE A *Tekening ondersteuning eindsluiting*

BIJLAGE B *Berekening ESA-Prima Win*

1.0 Algemeen

1.1 Inleiding

Door Visser&Smit Hanab is aan D&C engineering opdracht verstrekt voor o.a. het berekenen van de ondersteuningen voor de eindsluitingen t.b.v. de kabelverbinding onder het noordzeekanaal.

1.2 Ontwerpvoorschriften

Voor de berekening zijn de volgende normen / richtlijnen toegepast:

Normen

NEN 6700	-	Algemene basiseisen
NEN 6702	-	Belastingen en vervormingen
NEN 6770	-	Staalconstructies TGB 1990; basiseisen en basisrekenregels
NEN 6771	-	Staalconstructies TGB 1990; stabiliteit
NEN 6772	-	Staalconstructies TGB 1990; verbindingen

1.3 Gebruikte tekeningen en documenten

Voor de berekening zijn de volgende tekeningen en documenten gebruikt:

Tekeningen

Supp. structure 0-35-2002	-	Ondersteuningconstructie eindsluitingen.
Tekening 0-09-129-DE	-	Klemblok 1-aderige kabel.

Documenten

Spec. bladen 1 t/m 3 van d.d. 01-11-2007	-	Composite outdoor termination OTC-420-X.
Spec. bladen 1 t/m 2 van d.d. 18-07-2008	-	Earthing link box 1SE-WS.
Spec. blad 1 van d.d. 23-07-2007	-	Cable data sheet XLPE 220/380 kV 1x1200 mm^2.
Spec. Blad 1 van d.d. 08-01-2008	-	Prod. information earthing cable 1x300 mm^2.

1.4 Veiligheidsfactoren

In de berekening zijn de volgende veiligheidsfactoren aangehouden:

Veiligheidsfactoren NEN 6702:

Veiligheidsklasse: 3

fundamentele combinatie 1:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,35**	$\gamma_{f;q}$	=	**-**
fundamentele combinatie 2:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,20**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,50**
bijzondere combinatie:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,00**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,00**

1.5 Materialen

Voor de berekeningen zijn de volgende materiaalkwaliteiten gebruikt:

- staalkwaliteit : S235
- Boutkwaliteit : 8.8

1.6 Programmatuur

Voor het uitvoeren van de berekening is de volgende programmatuur gebruikt:

- ESA-Prima Win v3.60.420

1.7 Uitgangspunten

Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De profilering is uit praktisch oogpunt gekozen in verband met het monteren van de verschillende onderdelen.
- Voor de verankering zal alleen de ankerdiameter gecontroleerd worden.
  Let op: Voor de ankers wordt aangenomen dat deze voorzien zijn van gerolde draad.

2.0 Rekenmodel

Het rekenmodel van de eindsluitingsondersteuning wordt in dit hoofdstuk in het kort beschreven. Voor gedetailleerde informatie over het rekenmodel wordt verwezen naar de uitvoer van het rekenpakket ESA-Prima Win, die opgenomen is in bijlage B van dit rapport.

De constructie van de ondersteuning is gemodelleerd door middel van staafelementen, waarbij het gewicht van de eindsluiting is meegenomen door een component met een vergelijkbare profilering. Het rekenmodel wordt gebruikt om de maximale krachten en momenten in de constructie te bepalen. Aan de hand van deze berekende krachten en momenten bepaalt het rekenpakket per profiel de unity check voor zowel sterkte als stabiliteit.

2.1 Geometrie

In de onderstaande figuur is een 3D schets van de constructie gegeven:

2.2 Schematisering

Om de sterkte en stabiliteit van de ondersteuning te kunnen beoordelen wordt de constructie gemodelleerd in het rekenpakket ESA-Prima Win. Hieronder is de schematisering van het rekenmodel te zien:

2.3 Belastingen

In deze paragraaf worden op basis van de voorgeschreven normen en richtlijnen de belastingen op de ondersteuning en de invoer hiervan in het rekenmodel vastgelegd.
De volgende belastingen zijn meegenomen:

1. Eigengewicht staal + componenenten.
2. Eigengewicht kabel + toebehoren.
3. Maximale kracht eindsluiting.
4. Windbelasting.

2.3.1 Eigengewicht staal + componenten

Het eigengewicht van de onderdelen, die gemodelleerd zijn, wordt door het rekenpakket zelf bepaald aan de hand van de opgegeven geometrie en materiaalsoort. De eindsluiting is gemodelleerd met behulp van een vergelijkbaar profiel.
Voor het eigen gewicht wordt hiervoor, incl. onvoorzien, 1600 kg meegenomen.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 1: Eigengewicht staal + componenenten. (zie bijlage B)

2.3.2 Eigengewicht kabel + toebehoren

Voor de draad en toebehoren, welke aan de ondersteuning bevestigd zitten, wordt het volgende meegenomen.

eigengewicht kabel = 25 kg/m / eigengewicht schakelkast = 15 kg

$F_{1,rep}$ = 25 • 10 • ½ • 800 / 1000 • 10^{-3} = 0,10 kN

$F_{2,rep}$ = 25 • 10 • ½ • (800+820) / 1000 • 10^{-3} = 0,20 kN

$M_{2,rep}$ = 0,20 • 350 / 1000 = 0,07 kNm

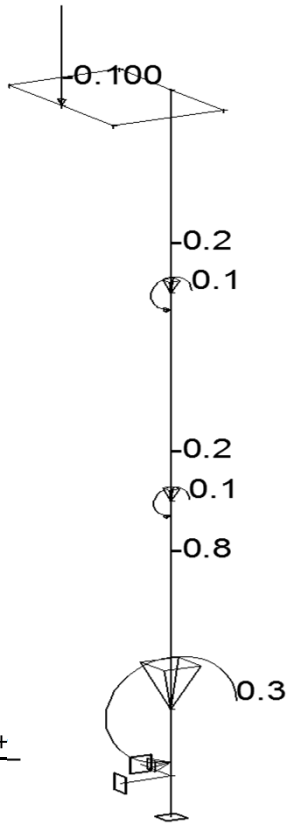
$F_{3,rep}$ = 25 • 10 • ½ • (820+820) / 1000 • 10^{-3} = 0,21 kN

$M_{3,rep}$ = 0,21 • 350 / 1000 = 0,07 kNm

extra 2 meter kabel meegenomen

$F_{4a,rep}$ = 25 • 10 • (½ • 820+2000) / 1000 • 10^{-3} = 0,60 kN
$F_{4b,rep}$ = 15 • 10 • 10^{-3} = 0,15 kN +
$F_{4,rep}$ = = 0,75 kN

$M_{4,rep}$ = 0,75 • 350 / 1000 = 0,26 kNm



ESA-Prima Win: Belastinggeval 2: Eigengewicht kabel + toebehoren. (zie bijlage B)

2.3.3 Maximale kracht eindsluiting

De elektriciteitskabels oefenen een kracht uit op de stift die zich aan de bovenzijde van de eindsluiting bevindt. De maximaal toelaatbare kracht op deze stift is volgens opgave van de leverancier gelijk aan 5000 N en kan in verschillende richtingen werken.
In het rekenmodel zijn twee belastingsgevallen gedefinieerd waarbij de maximale eind-sluitingkracht in respectievelijk de x-richting en y-richting werkt, zoals te zien is in bijlage B van dit rapport. Hiervoor is aangehouden de maximale toelaatbare dwarskracht op de stift.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 3: Maximale kracht eindsluiting x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 4: Maximale kracht eindsluiting y-richt. (zie bijlage B)

2.3.4 Windbelasting

De eindsluiting en de ondersteuning worden aangeblazen door de wind, zodat rekening gehouden moet worden met windbelasting. In het rekenmodel is conform de regels van de NEN 6702 de windbelasting meegenomen:

Algemene gegevens

p_w = 1,00 kN/m^2 (NEN 6702, gebied I, onbebouwd, h = 8 mtr)

Eindsluiting Ø500 mm in x- en y-richting

$q_{1,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00	
C_t	=	0,7 -	(rond)
C_{dim}	=	1,0 -	
b_m	=	0,5 m	
Φ_1	=	1,05 -	

$q_{1,rep}$ = 0,37 kN/m

K300/300/8 in x- en y-richting

$q_{2,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00	
C_t	=	2 -	(vierkant)
C_{dim}	=	1,0 -	
b_m	=	0,3 m	
Φ_1	=	1,05 -	

$q_{2,rep}$ = 0,63 kN/m

UNP240 in x-richting

$q_{3,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00	
C_t	=	2,05 -	(UNP)
C_{dim}	=	1,0 -	
b_m	=	0,24 m	
Φ_1	=	1,05 -	

$q_{3,rep}$ = 0,52 kN/m

ESA-Prima Win: Belastinggeval 5: Windbelasting in x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 6: Windbelasting in y-richt. (zie bijlage B)

2.4 Belastingcombinaties

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

Uiterste GrensToestand (=UGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,35 x	1,35 x	-	-		-
2	0,90 x	0,90 x	-	-	1,50 x	-
3	0,90 x	0,90 x	-	-	-1,50 x	-
4	0,90 x	0,90 x	-	-	-	1,50 x
5	0,90 x	0,90 x	-	-	-	-1,50 x
6	1,20 x	1,20 x	-	-	1,50 x	-
7	1,20 x	1,20 x	-	-	-1,50 x	-
8	1,20 x	1,20 x	-	-	-	1,50 x
9	1,20 x	1,20 x	-	-	-	-1,50 x
10	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-
11	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-
12	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	1,00 x	-
13	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-1,00 x	-
14	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x
15	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x
16	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	1,00 x
17	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	-1,00 x
18	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	1,00 x	-
19	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-1,00 x	-
20	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	1,00 x	-
21	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-1,00 x	-
22	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	1,00 x
23	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	-1,00 x
24	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	1,00 x
25	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	-1,00 x

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht eindsluiting x-richt.
BG4 = Maximale kracht eindsluiting y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

GebruiksGrensToestand (=GGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,00 x	1,00 x	-	-		-
2	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x	-
3	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x	-
4	1,00 x	1,00 x	-	-	-	1,00 x
5	1,00 x	1,00 x	-	-	-	-1,00 x
6	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-
7	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
8	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*1,00 x*	-
9	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
10	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*1,00 x*
11	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
12	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*1,00 x*
13	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
14	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*1,00 x*	-
15	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*-1,00 x*	-
16	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*1,00 x*	-
17	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*-1,00 x*	-
18	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*1,00 x*
19	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*-1,00 x*
20	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*1,00 x*
21	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht eindsluiting x-richt.
BG4 = Maximale kracht eindsluiting y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De maximale krachten op de eindsluiting, belastingsgevallen 3 + 4, zijn calamiteitenbelastingen en hoeven daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

3.0 Resultaten berekening

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de resultaten. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de uitvoer in ESA-Prima Win die opgenomen is in bijlage B.

3.1 Verplaatsing

Uit de resultaten van ESA-Prima Win blijkt dat de maximale uitbuiging aan de bovenzijde van de ondersteuning gelijk is aan 1,5 mm. Deze maximale uitbuiging wordt veroorzaakt door de GGT combinatie: eigengewicht + wind in -y-richt., zoals te zien is in bijlage B van dit rapport.

$u_{eind,\ ondersteuning}$ = 1,7 mm → $h_{totaal} / u_{eind,\ ondersteuning}$ = 2500 / 1,7 ≈ 1470

Let op:

De maximale kracht eindsluiting is een calamiteitenbelasting en hoeft daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

3.2 Unity checks

De sterkte en stabiliteit van de ondersteuning is met behulp van ESA-Prima Win getoetst aan de hand van de NEN 6770 en NEN 6771. Uit de resultaten in bijlage B blijkt dat gekozen profilering van de ondersteuning ruimschoots voldoet. De hoogste unity check voor de sterkte is gelijk aan 0,27, terwijl voor de stabiliteit de hoogste unity check gelijk is aan 0,25. Hieronder is een overzicht gegeven van de verschillende unity checks van de ondersteuning.

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	Spann. contr.	Stab. contr.
1	2	K300/300/8	0,00	23	0,23	0,23
	3	K300/300/8	0,00	23	0,2	0,2
	4	K300/300/8	0,00	23	0,17	0,17
4	8	UPN240	0,00	19	**0,27**	**0,25**
5	9	UPN240	0,00	18	**0,27**	**0,25**

Conclusie:

De gekozen profilering van de ondersteuning voldoet ruimschoots aan de regels van NEN 6770 en NEN 6771.

3.3 Reactiekrachten

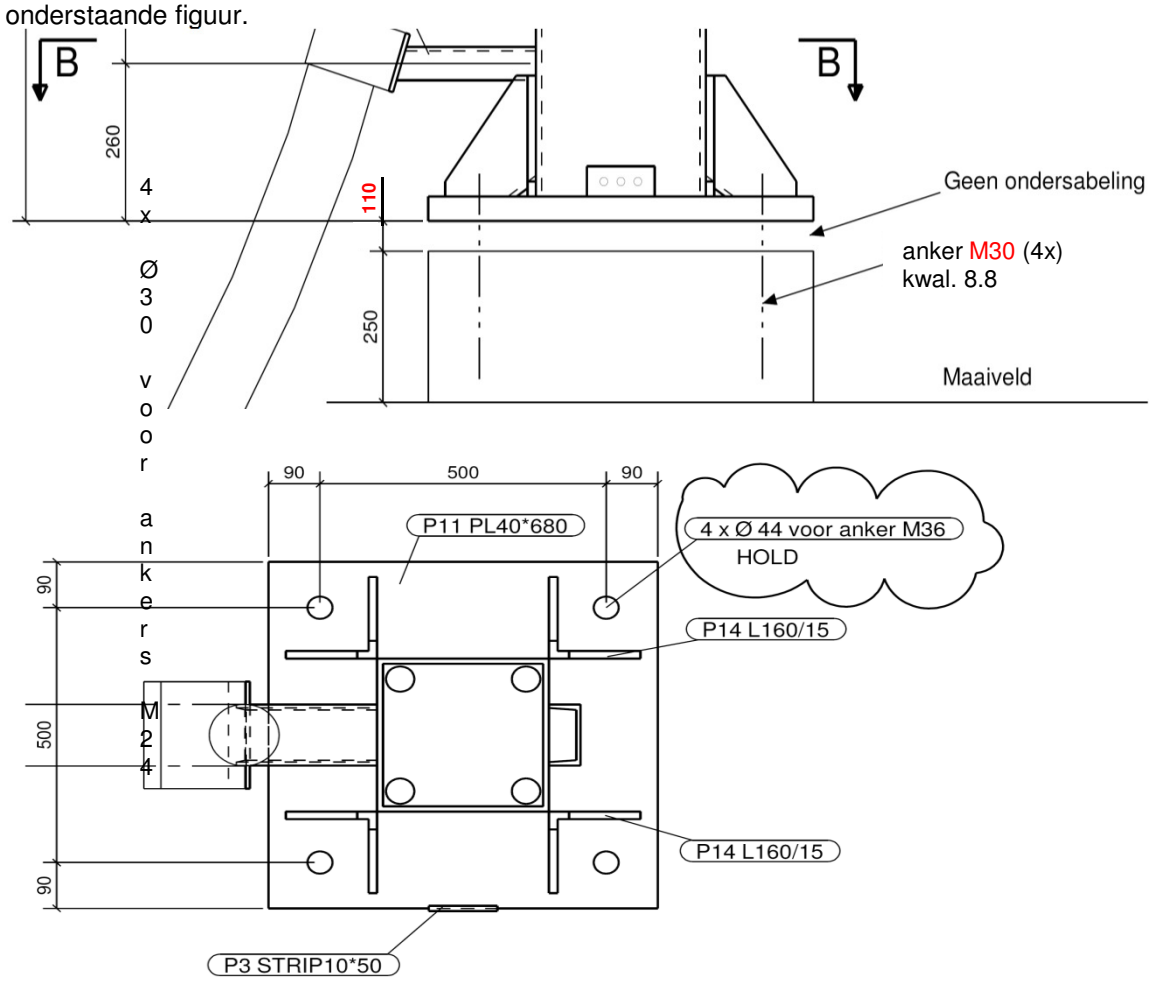
De ondersteuning wordt met behulp van 4 ankers bevestigd op een betonnen poer. De belasting, die de ondersteuning uitoefent op de betonnen poer, is berekend met behulp van ESA-Prima Win. Een uitgebreid overzicht van deze belastingen is te zien in bijlage B van dit rapport. Hieronder volgt een overzicht met alleen de maximale krachten in de ondersteuning.

combi	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
10	**8.7**	-0.0	-18.8	5.9	**51.5**	**2.5**
13	**-8.7**	-0.0	-18.8	5.9	**-51.5**	**-2.5**
24	0.0	**8.5**	-18.8	**-45.2**	0.0	-0.0
23	-0.0	**-8.5**	-18.8	**57.0**	-0.0	0.0
1	0.0	-0.0	**-25.3**	7.9	-0.0	0.0

Opmerking: Belasting van ondersteuning op betonnen poer is weergegeven, incl. combinatie- en veiligheidsfactoren.

4.0 Verankering

De ondersteuning wordt door middel van een viertal ankers bevestigd op een betonnen poer. De gebruikte ankers worden in dit hoofdstuk gecontroleerd aan de hand van de NEN 6770. De verankeringslengte, welke voornamelijk afhangt van de gekozen betonkwaliteit, valt buiten de scope van deze berekening. De constructie ter plaatse van de voetplaat is te zien in de onderstaande figuur.



Doorsnede B-B

Belasting ankers

De maximale belasting op de verankering is berekend met behulp van het rekenpakket ESA-Prima Win en is gelijk aan:

$F_{s;d}$	=	18,8	kN	
$V_{s;d}$	=	8,7	kN	
$M_{buig;s;d}$	=	57,4	kNm	(= 51,5 + 5,9)
$M_{torsie;s;d}$	=	2,5	kNm	

Eigenschappen ankers

Anker M30 kwal. 8.8, gerolde draad.

d_s	=	26,726	mm	l_{steek}	=	500	mm
$A_{b;s}$	=	561	mm^2	h	=	110	mm
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3	$\alpha_{red;2}$	=	1,0	*(gerolde draad !!)*
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2	β_r	=	0,375	*($f_{t;b;d}$ = 800 N/mm^2)*

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	07-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Controle ankers

De ankers moeten voldoen aan het volgende:

trek

$$\frac{\frac{F_{s;d}}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{buig;s;d}}{l_{steek}}}{A_{b;s}} + \frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right] \cdot h}{W_{b;s}} \leq 0{,}72 \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}$$

waarin,

$F_{s;d}$	=	18,8	kN	385,1	N/mm^2	≤	576,0	N/mm^2
$V_{s;d}$	=	8,7	kN			⇩		
$M_{buig;s;d}$	=	57,4	kNm					
$M_{torsie;s;d}$	=	2,5	kNm					
$A_{b;s}$	=	561	mm^2					
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3					
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2			OK		
l_{steek}	=	500	mm					
h	=	110	mm					

afschuif

$$\frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right]}{A_{b;s}} \leq \frac{\beta_r \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}}{\gamma_M}$$

waarin,

$V_{s;d}$	=	8,7	kN	8,3	N/mm^2	≤	240,0	N/mm^2
$M_{torsie;s;d}$	=	2,5	kNm			⇩		
$A_{b;s}$	=	561	mm^2					
l_{steek}	=	500	mm					
β_r	=	0,375	-					
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2			OK		
γ_M	=	1,25	-					

trek + afschuif

Geen additionele controle nodig voor de ankerbout.

Conclusie

Het blijkt dat 4 ankers M30 voldoen.

Let op: De ankers dienen voorzien te zijn van gerolde draad.

5.0 Verstevigingen

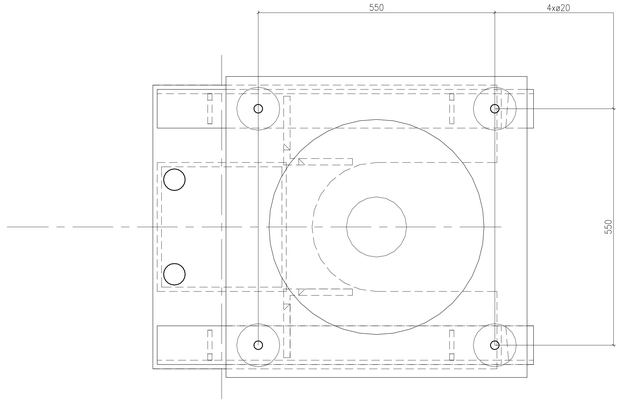
Het blijkt dat de gekozen profilering zonder verstevigingen voldoet aan de sterkte en stabiliteits-eisen volgens de NEN 6770 en NEN 6771. Vanuit het oogpunt van sterkte is het dus niet nodig om de constructie te voorzien van verstevigingen.
Voor de ondersteuning is echter niet de sterkte maar de stijfheid maatgevend. Vanuit het oogpunt van stijfheid is het wel nodig om de constructie te voorzien van verstevigingen in de vorm van schotten. Het toepassen van schotten zorgt er uiteindelijk voor dat de constructie stijver wordt.

De afmetingen van de schotten zijn praktisch gekozen. Op de tekening van bijlage A zijn de verschillende toegepaste schotten in de constructie te zien.

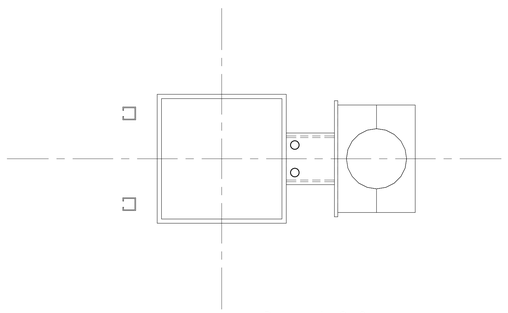
Bijlage A

Tekening ondersteuning eindsluiting

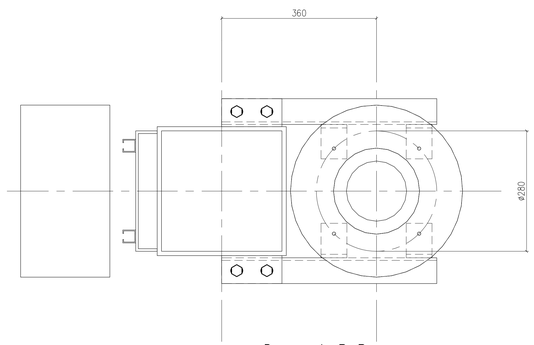
Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	07-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-



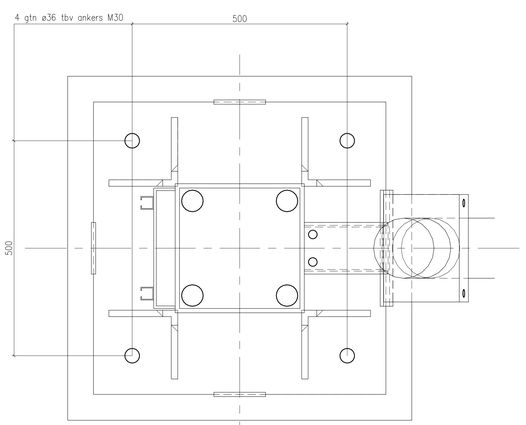
Doorsnede D–D



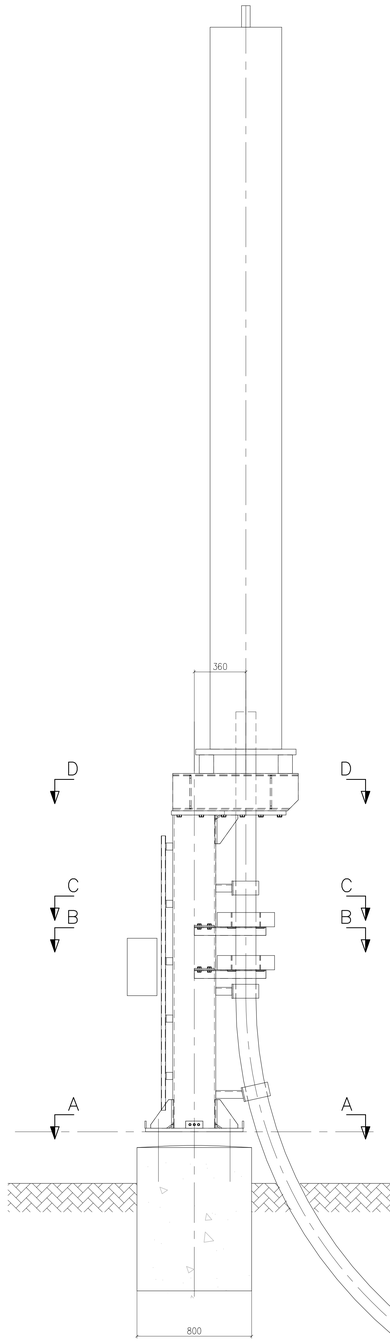
Doorsnede C–C



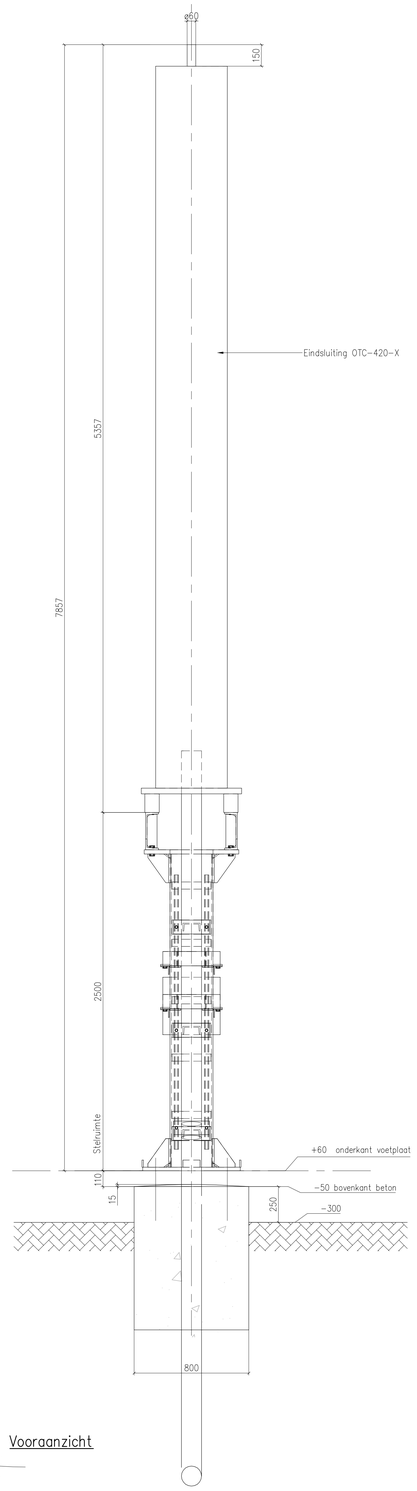
Doorsnede B–B



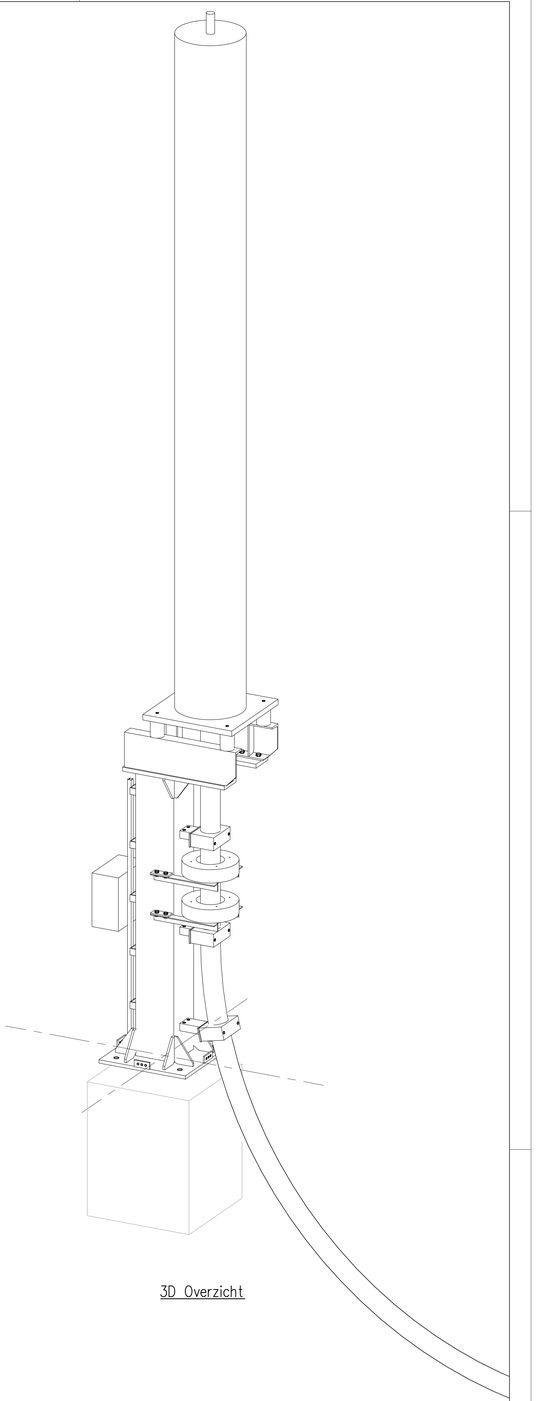
Doorsnede A–A



Zijaanzicht



Vooraanzicht



3D Overzicht

12x uitvoeren voor OSP VZN
12x uitvoeren voor OSP VZZ

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–131			
C	20–10–2011	Rv/dW	Stelruimte & naamsaanduiding opstijgpunten gewijzigd.
B	16–06––2011	Rv/dW	Diverse aanpassingen
A	03–02–2011	A.Hel	Diverse aanpassingen
0	14–01–2011	RDN	First issue
REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION

PARTSLIST		DRAWNG	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P. M.		
FULL SIZE SHEETS			

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6913222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Staalconstructie eindsluiting (ES)

CLIENT:		DATE	NAME	SCALE
Visser&Smit Hanab B.V. Papendrecht	DRAWN	13–01–2011	R.Deelen	1:15 1:5
	CHK'D	15–01–2011	R v/d Wielen	
	APP	15–01–2011	P v Leeuwen	

PROJECT:	DRWG.NO.:	REV.:
Opstijgpunten Kruising Noordzeekanaal	10.060 P10189–31	C

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.

Bijlage B

Berekening
ESA-Prima Win

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	07-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Project : Visser&Smit Hanab

Omschrijving: Ondersteuning eindsluiting
Auteur : JB

Datum: vrijdag 21 oktober 2011

Basisgegevens
Structuurtype : Raamwerk XYZ

Aantal knopen:	11
Aantal staven:	11
Aantal 1D macro's:	6
Aantal randlijnen:	0
Aantal 2D macro's:	0
Aantal profielen:	4
Aantal belastingsgev.:	6
Aantal materialen:	2

Materiaal

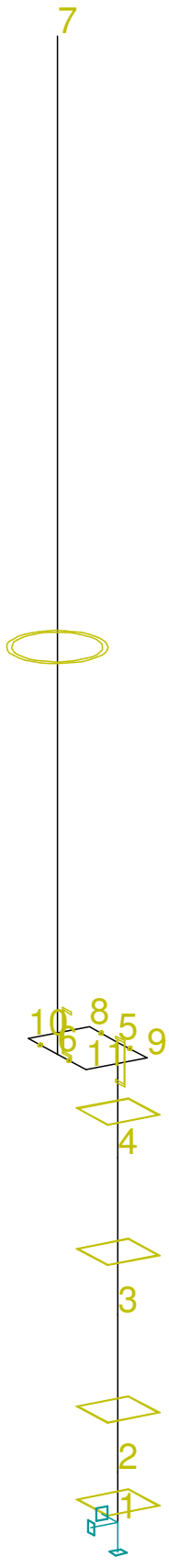
Naam		
S235		
	Treksterkte	360.000 MPa
	Vloeigrens	235.000 MPa
	E-modulus	210000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30
	Specifiek gewicht	7850.000 kg/m^3
	Uitzettingscoëff.	0.012 mm/m.K

Naam		
dummy		
	Treksterkte	360.000 MPa
	Vloeigrens	235.000 MPa
	E-modulus	2100000000000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30
	Specifiek gewicht	7.850 kg/m^3
	Uitzettingscoëff.	0.012 mm/m.K

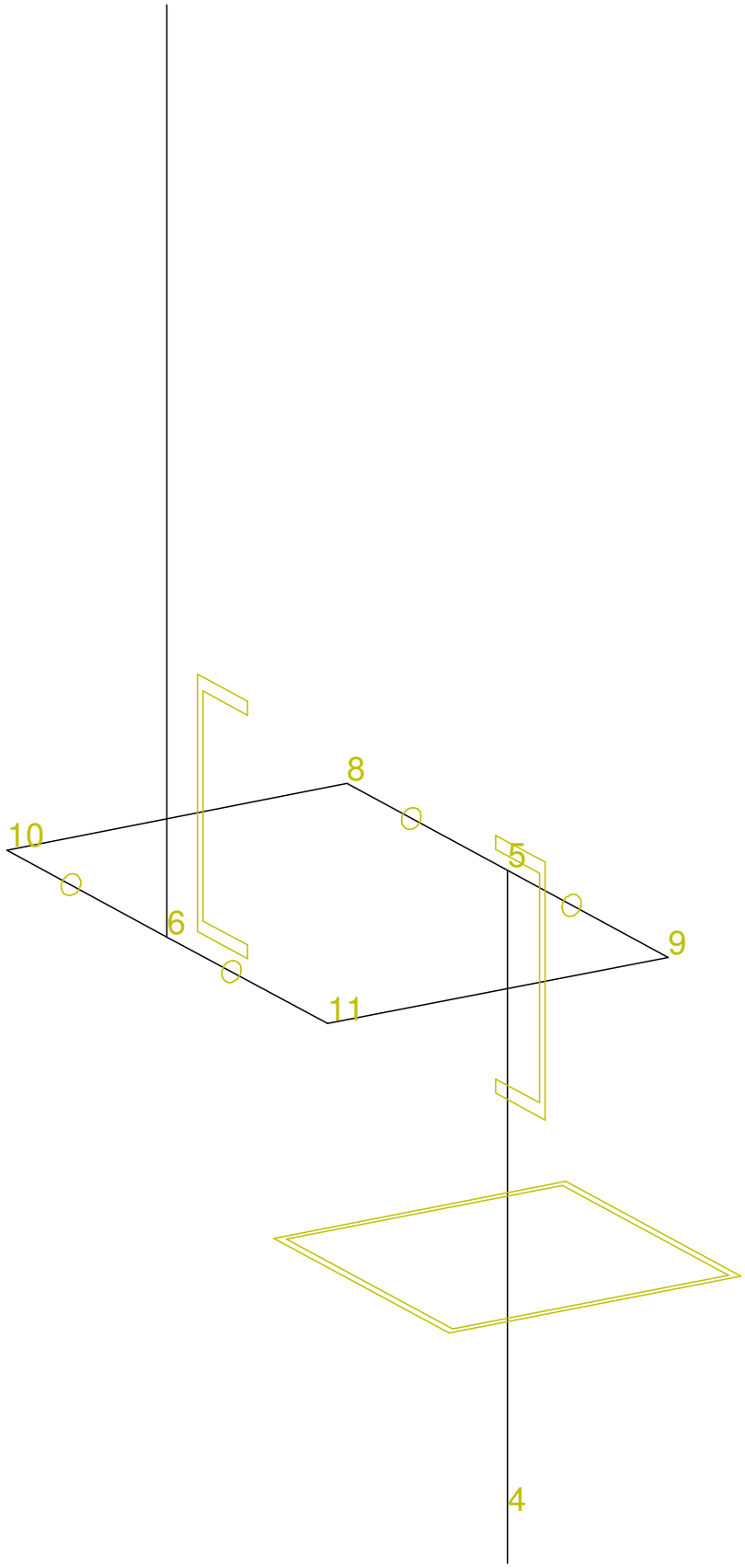
Materialenlijst
Groep staven:
1/11

nr.	Naam	Kwaliteit	Eenh. gewicht kg/m	Lengte m	Massa kg
1	K300/300/8	S235	73.32	2.50	183.30
2	UPN240	S235	33.21	0.70	23.24
3	Cilinder (500,25)	S235	292.86	5.30	1552.13
4	R20	dummy	0.00	1.10	0.00

Totaal gewicht van constructie: 1758.68 kg
Verfoppervlakte: 11.94 m^2



3D model; knopen (1)

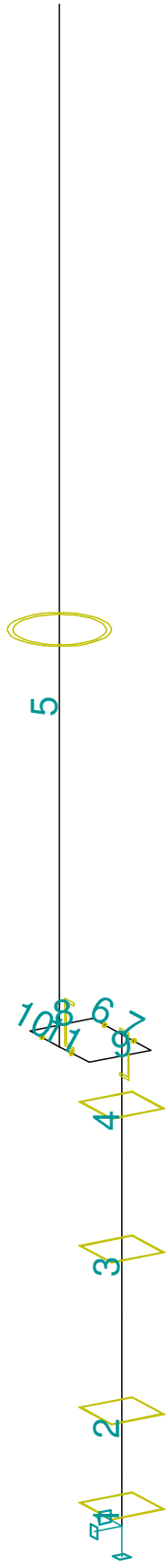


3D model; knopen (2)

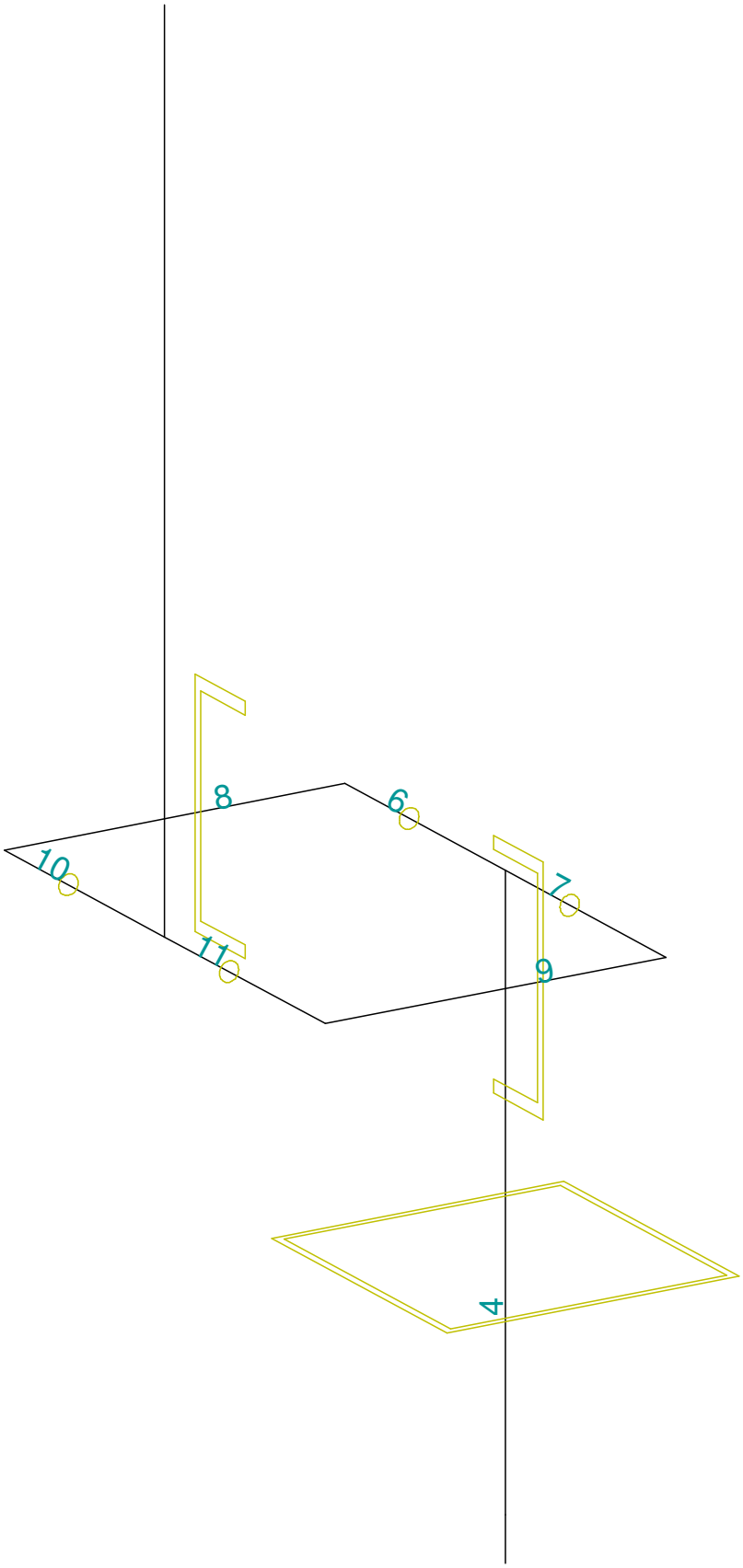
Knopen

knoop	X m	Y m	Z m
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.260
3	0.000	0.000	1.080
4	0.000	0.000	1.900
5	0.000	0.000	2.500
6	0.000	-0.350	2.500

knoop	X m	Y m	Z m
7	0.000	-0.350	7.800
8	-0.275	0.000	2.500
9	0.275	0.000	2.500
10	-0.275	-0.350	2.500
11	0.275	-0.350	2.500



3D model; staven (1)

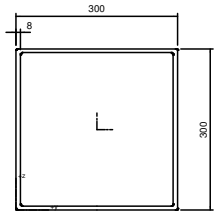


3D model; staven (2)

Staven

macro	staaf	knoop 1	knoop 2	Lengte m	Rx deg	Profiel	Kwaliteit
1	1	1	2	0.260	0.00	1 - K300/300/8	S235
	2	2	3	0.820	0.00	1 - K300/300/8	S235
	3	3	4	0.820	0.00	1 - K300/300/8	S235
	4	4	5	0.600	0.00	1 - K300/300/8	S235
2	5	6	7	5.300	0.00	3 - Cilinder (500,25)	S235
3	6	8	5	0.275	0.00	4 - R20	dummy
	7	5	9	0.275	0.00	4 - R20	dummy
4	8	8	10	0.350	0.00	2 - UPN240	S235
5	9	9	11	0.350	180.00	2 - UPN240	S235
6	10	10	6	0.275	0.00	4 - R20	dummy
	11	6	11	0.275	0.00	4 - R20	dummy

Profielen



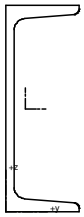
K300/300/8

Doorsnedeno. 1 - K300/300/8
Materiaal : 7 - S235

A :	9.340000e+003 mm^2		
Ay/A :	0.500	Az/A :	0.500
Iy :	1.330000e+008 mm^4	Iz :	1.330000e+008 mm^4
Iyz :	-1.950209e-005 mm^4	It :	2.030000e+008 mm^4
Iw :	1.620000e+012 mm^6		
Wely :	8.860000e+005 mm^3	Welz :	8.860000e+005 mm^3
Wply :	1.023308e+006 mm^3	Wplz :	1.023308e+006 mm^3
cy :	150.00 mm	cz :	150.00 mm
iy :	119.33 mm	iz :	119.33 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		1200.00 mm	

Controletype: Kokerprofiel

Hoogte	300.00 mm	Breedte	300.00 mm
Lijfdikte	8.00 mm		



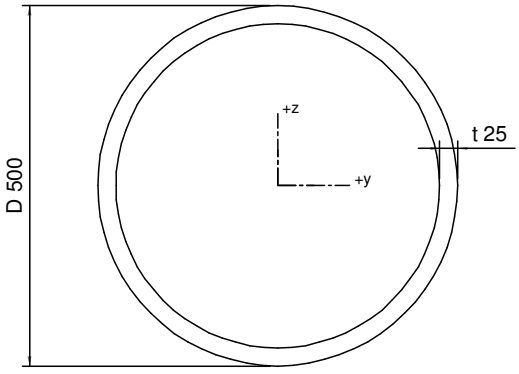
UPN240

Doorsnedeno. 2 - UPN240
Materiaal : 7 - S235

A :	4.230000e+003 mm^2		
Ay/A :	0.239	Az/A :	0.459
Iy :	3.600000e+007 mm^4	Iz :	2.480000e+006 mm^4
Iyz :	0.000000e+000 mm^4	It :	1.970000e+005 mm^4
Iw :	2.210000e+010 mm^6		
Wely :	3.000000e+005 mm^3	Welz :	3.960000e+004 mm^3
Wply :	3.580000e+005 mm^3	Wplz :	7.729793e+004 mm^3
cy :	22.69 mm	cz :	120.00 mm
iy :	92.25 mm	iz :	24.21 mm
dy :	-49.55 mm	dz :	-0.00 mm
Omtrek :		801.00 mm	

Controletype: C profiel

Hoogte	240.00 mm	Breedte	85.00 mm
Flensdikte	13.00 mm	Lijfdikte	9.50 mm
Straal	13.00 mm		



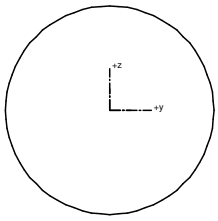
Cilinder (500,25)

Doorsnedeno. 3 - Cilinder (500,25)
Materiaal : 7 - S235

A :	3.730641e+004 mm^2		
Ay/A :	0.637	Az/A :	0.637
Iy :	1.055072e+009 mm^4	Iz :	1.055072e+009 mm^4
Iyz :	-4.553819e-005 mm^4	It :	2.104315e+009 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		
Wely :	4.209588e+006 mm^3	Welz :	4.209588e+006 mm^3
Wply :	5.635011e+006 mm^3	Wplz :	5.635092e+006 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	168.17 mm	iz :	168.17 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm

A :	3.730641e+004 mm^2		
Omtrek :		1568.80 mm	

Controletype: A-typische doorsnede



R20

Doorsnedeno. 4 - R20
Materiaal : 34 - dummy

A :	3.140000e+002 mm^2		
Ay/A :	0.850	Az/A :	0.850
Iy :	7.702424e+003 mm^4	Iz :	7.702424e+003 mm^4
Iyz :	-1.428725e-008 mm^4	It :	1.540485e+004 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		
Wely :	7.758995e+002 mm^3	Welz :	7.758995e+002 mm^3
Wply :	1.331812e+003 mm^3	Wplz :	1.331812e+003 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	4.95 mm	iz :	4.95 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		62.75 mm	

Controletype: A-typische doorsnede

Steunpunten

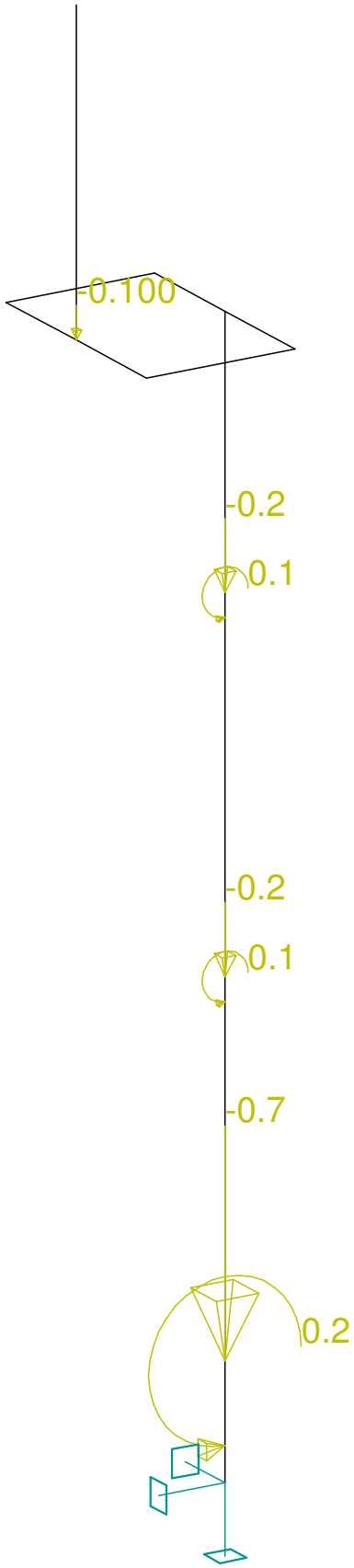
Steunpunt	knoop	type	Afmeting m
1	1	XYZRxRyRz	0.20

Belastinggevallen

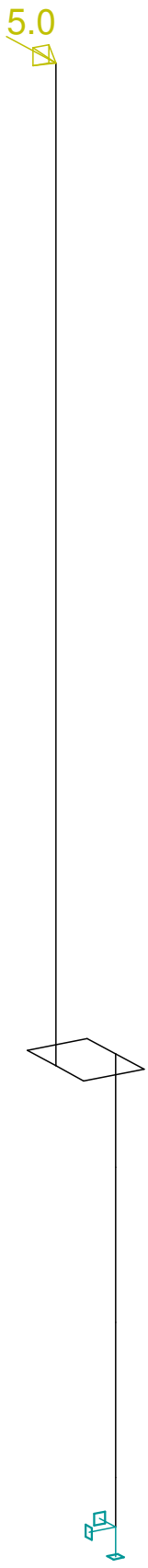
BG	Naam	Omschrijving
1	Eigengewicht staal + componenten	Eigengewicht. Richting -Z
2	Eigengewicht kabel + toebehoren	Permanent - Lasten
3	Maximale kracht eindsluiting x-richt.	Variabel - eindsluiting excl.
4	Maximale kracht eindsluiting y-richt.	Variabel - eindsluiting excl. Korte termijn
5	Windbelasting x-richt.	Variabel - Wind excl.
6	Windbelasting y-richt.	Variabel - Wind excl.

Groep van variabele lasten

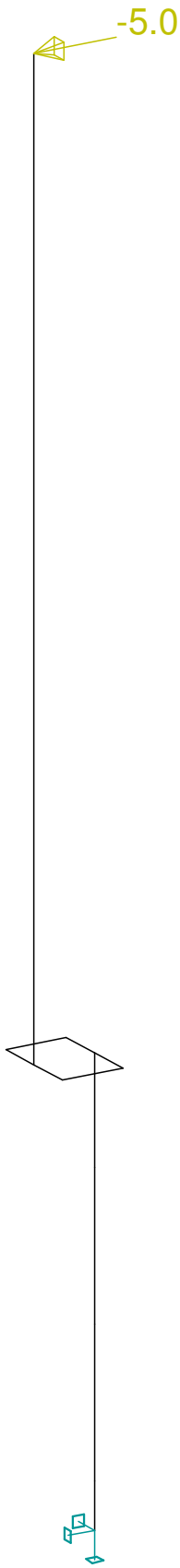
Naam		Omschrijving
eindsluiting	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00
Wind	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00



Knooplasten.Belastinggevallen - 2; Eigengewicht kabel + toebehoren.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht eindsluiting in x-richt.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht eindsluiting in y-richt.

BG nr. 2 - knooplasten

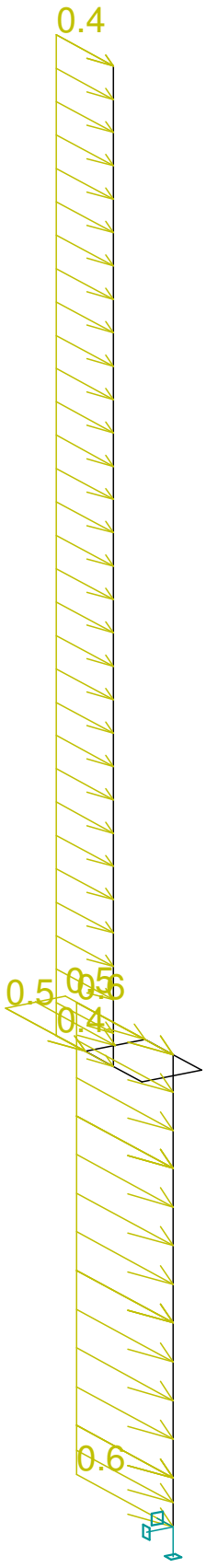
knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
2	0.00	0.00	-0.67	0.24	0.00	0.00
3	0.00	0.00	-0.21	0.07	0.00	0.00
4	0.00	0.00	-0.21	0.07	0.00	0.00
6	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00

BG nr. 3 - knooplasten

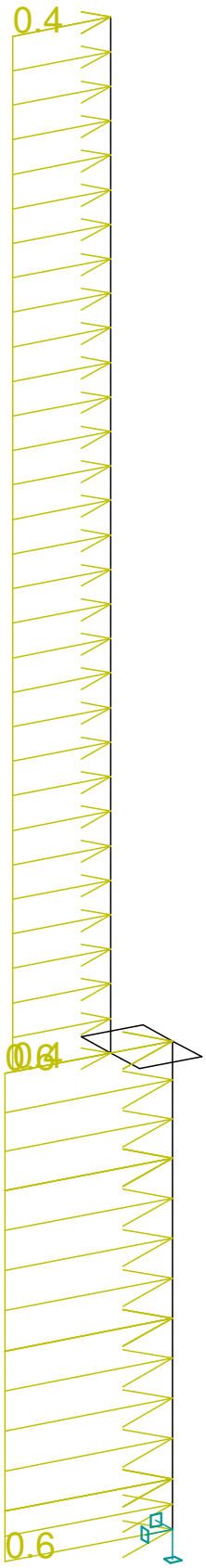
knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
7	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

BG nr. 4 - knooplasten

knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
7	0.00	-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 5; Windbelasting in x-richt.



Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 6; Windbelasting in y-richt.

BG nr. 5 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.63 0.63	0.00 0.00	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.37 0.37	0.00 0.00	0.00 0.00
4	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.52 0.52	0.00 0.00	0.00 0.00

BG nr. 6 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.63 0.63	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.37 0.37	0.00 0.00

Combinaties

Combi	Norm	BG	coëff
1.	Lineair- UGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.35
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.35
2.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
3.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
4.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
5.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
6.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
7.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
8.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
9.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
10.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
11.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
12.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
13.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
14.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
15.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
16.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
17.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
18.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
19.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
20.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
21.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
22.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
23.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
24.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
25.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
26.	Lineair- GGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
27.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
28.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
29.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
30.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
31.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
32.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
33.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
34.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
35.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
36.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
37.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
38.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
39.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
40.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
41.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
42.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
43.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
44.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
45.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
46.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht kabel + toebehoren	1.00
		4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00

Regels voor het genereren van uiterste combinaties:
1 : 1.35*BG1 / 1.35*BG2
2 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG5
3 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG5
4 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG6
5 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG6
6 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG5
7 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG5
8 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG6
9 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG6
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
22 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
23 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
24 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
25 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Regels voor het genereren van gebruiks combinaties:
1 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2

2 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG5
3 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG5
4 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG6
5 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG6
6 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
7 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
8 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
9 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Lijst van alle UGT combinaties
1/ 1 : +1.35*BG1+1.35*BG2
2/ 2 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG5
3/ 3 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG5
4/ 4 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG6
5/ 5 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG6
6/ 6 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG5
7/ 7 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG5
8/ 8 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG6
9/ 9 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG6
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
22/ 22 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
23/ 23 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
24/ 24 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
25/ 25 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Lijst van alle GGT combinaties
1/ 1 : +1.00*BG1+1.00*BG2
2/ 2 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG5
3/ 3 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG5
4/ 4 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG6
5/ 5 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG6
6/ 6 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
7/ 7 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
8/ 8 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
9/ 9 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Kniklengte

staaf	k yz	k ltb	swayY	swayZ	positie last	k1	kg
1	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
2	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
3	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
4	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
8	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
9	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0

Verslag berekening.

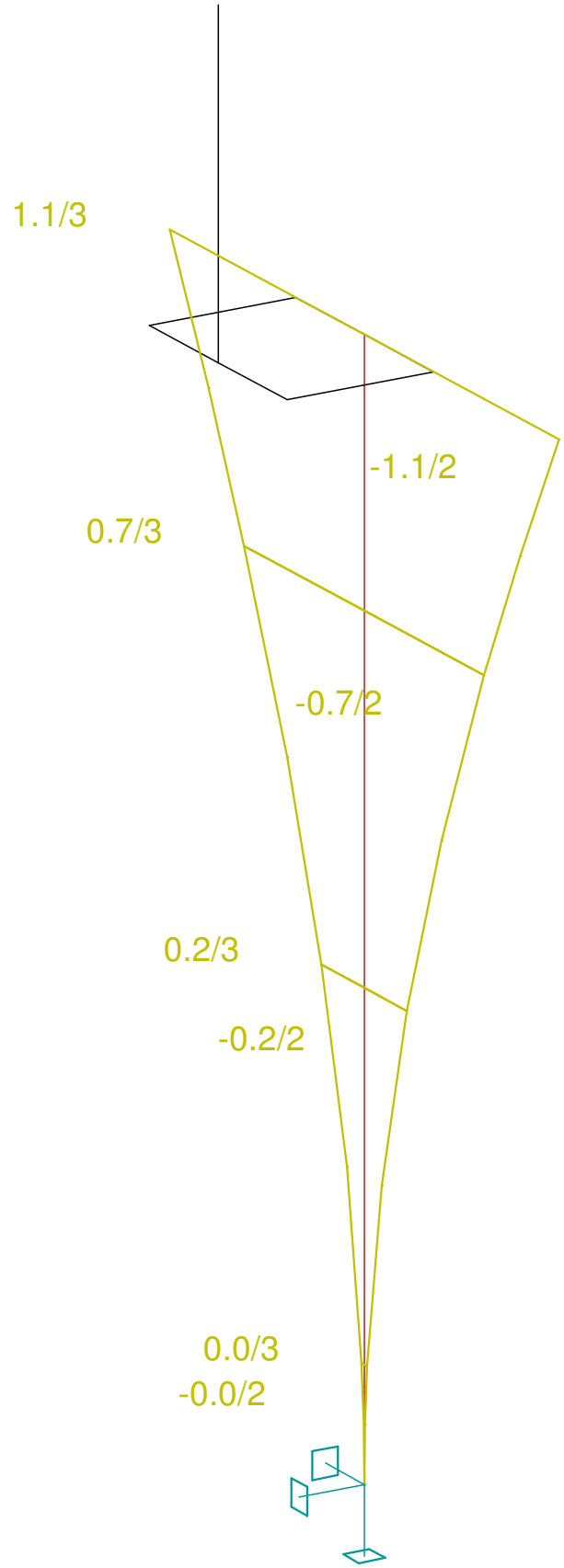
Lineaire berekening

Aantal 2D elementen Aantal 1D elementen Aantal netknopen Aantal vergelijkingen	0 11 11 66
Belastinggevallen	BG 1 Eigengewicht staal + componenten
	BG 2 Eigengewicht kabel + toebehoren
	BG 3 Maximale kracht eindsluiting x-richt.
	BG 4 Maximale kracht eindsluiting y-richt.
	BG 5 Windbelasting x-richt.
	BG 6 Windbelasting y-richt.
Start berekening	07.01.2011 12:22
Einde berekening	07.01.2011 12:22

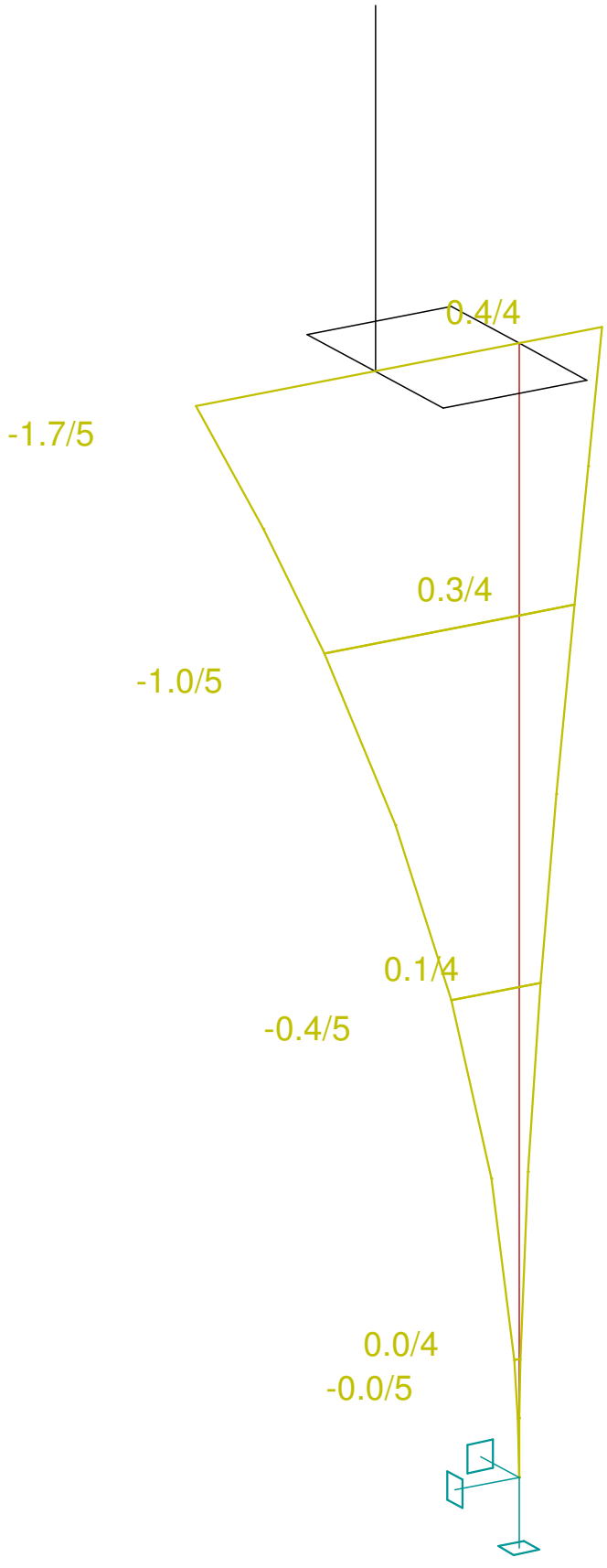
Som van lasten en reacties.

		X	Y	Z
belastinggeval 1	last	0.0	0.0	-17.6
	knoopreacties	0.0	0.0	17.6
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 2	last	0.0	0.0	-1.2
	knoopreacties	0.0	0.0	1.2
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 3	last	5.0	0.0	0.0
	knoopreacties	-5.0	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 4	last	0.0	-5.0	0.0
	knoopreacties	0.0	5.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 5	last	3.7	0.0	0.0

		X	Y	Z
	knoopreacties	-3.7	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 6	last	0.0	3.5	0.0
	knoopreacties	0.0	-3.5	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0



Vervorming - uz in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in x-richt.



Vervorming - uy in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in y-richt.

NEN 6770/6771. Staaf 1/4,8/9. UGT alle

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	spann. contr.	stab. contr.
1	1	K300/300/8	0.00	19	0.08	0.24
	2			23	0.23	0.23
	3				0.20	0.20
	4				0.17	0.17
4	8	UPN240		19	0.27	0.25
5	9			18	0.27	0.25

Verbindingskracht in knopen (alles), UGT. comb (alles). Belasting vanuit ondersteuning op poer.

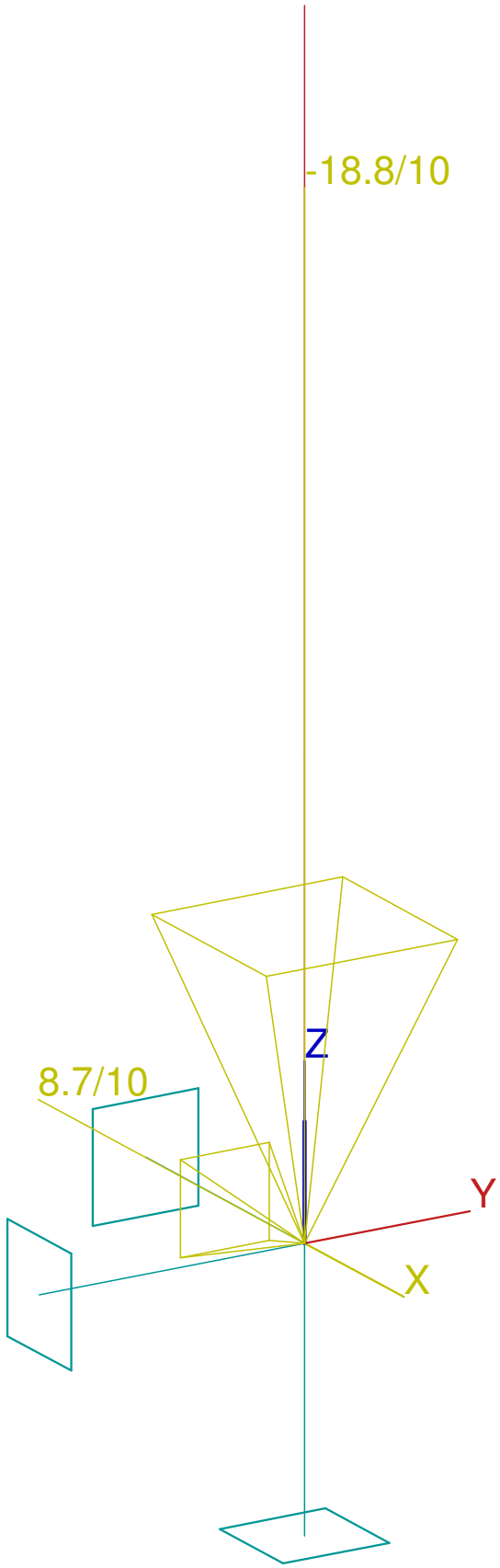
Groep van UGT combi:1/25

1 -

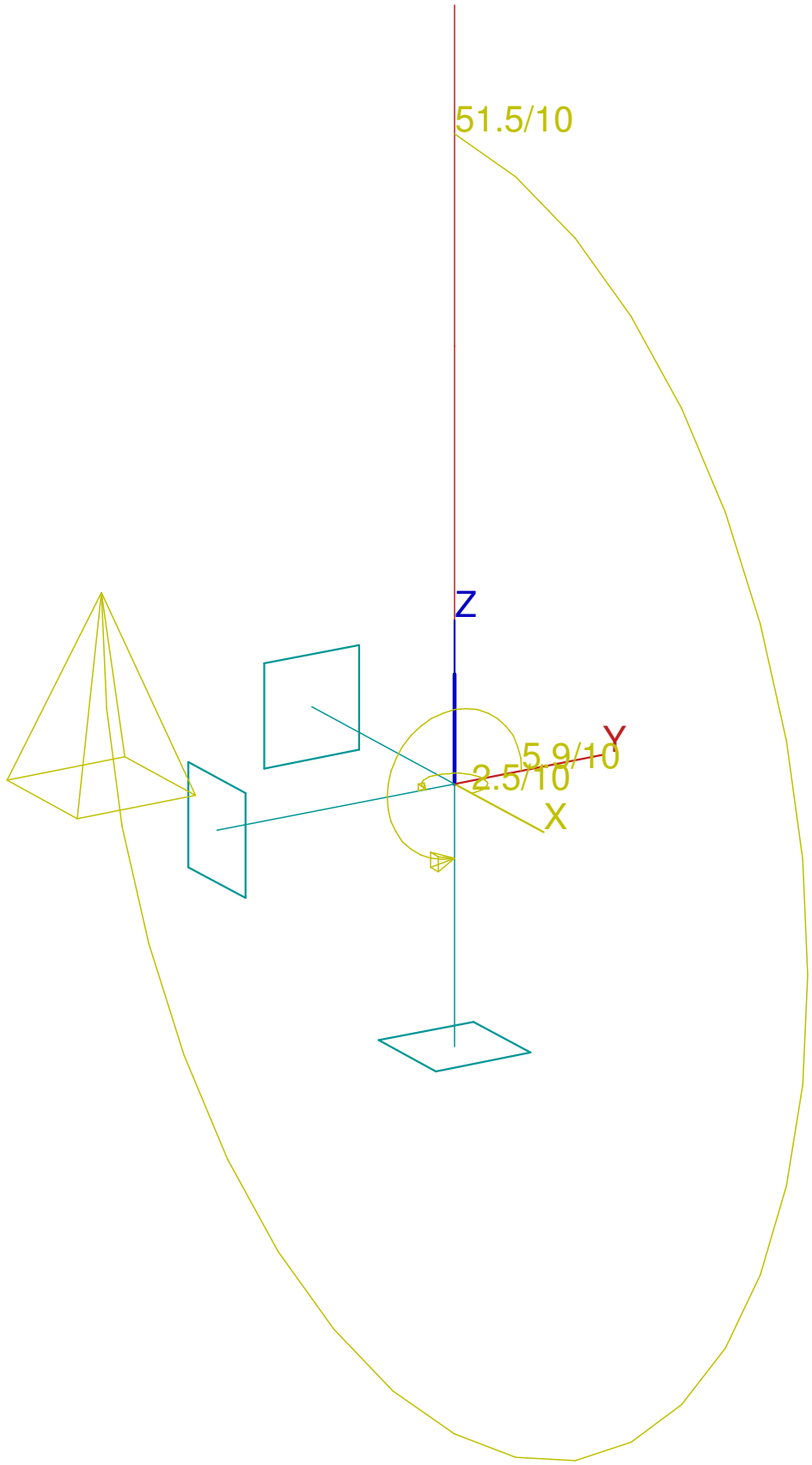
Knoop - 1. Positie van assenstelsel van de verbinding gerelateerd tot knoop : : x : 0.00 m,y : 0.00 m,z : 0.00 m

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	-0.0	0.0	-25.3	7.9	-0.0	-0.0
	resultante :	-0.0	0.0	-25.3	7.9	-0.0	-0.0
2	1	5.6	0.0	-16.9	5.3	18.8	1.1
	resultante :	5.6	0.0	-16.9	5.3	18.8	1.1
3	1	-5.6	0.0	-16.9	5.3	-18.8	-1.1
	resultante :	-5.6	0.0	-16.9	5.3	-18.8	-1.1
4	1	-0.0	5.3	-16.9	-12.8	0.0	0.0
	resultante :	-0.0	5.3	-16.9	-12.8	0.0	0.0
5	1	-0.0	-5.3	-16.9	23.4	-0.0	-0.0
	resultante :	-0.0	-5.3	-16.9	23.4	-0.0	-0.0
6	1	5.6	0.0	-22.5	7.1	18.8	1.1
	resultante :	5.6	0.0	-22.5	7.1	18.8	1.1
7	1	-5.6	0.0	-22.5	7.1	-18.8	-1.1
	resultante :	-5.6	0.0	-22.5	7.1	-18.8	-1.1
8	1	-0.0	5.3	-22.5	-11.0	0.0	0.0
	resultante :	-0.0	5.3	-22.5	-11.0	0.0	0.0
9	1	-0.0	-5.3	-22.5	25.2	-0.0	-0.0
	resultante :	-0.0	-5.3	-22.5	25.2	-0.0	-0.0
10	1	8.7	0.0	-18.8	5.9	51.5	2.5
	resultante :	8.7	0.0	-18.8	5.9	51.5	2.5
11	1	1.3	0.0	-18.8	5.9	26.5	1.0
	resultante :	1.3	0.0	-18.8	5.9	26.5	1.0
12	1	-1.3	0.0	-18.8	5.9	-26.5	-1.0
	resultante :	-1.3	0.0	-18.8	5.9	-26.5	-1.0
13	1	-8.7	0.0	-18.8	5.9	-51.5	-2.5
	resultante :	-8.7	0.0	-18.8	5.9	-51.5	-2.5
14	1	5.0	3.5	-18.8	-6.2	39.0	1.7
	resultante :	5.0	3.5	-18.8	-6.2	39.0	1.7
15	1	5.0	-3.5	-18.8	18.0	39.0	1.7
	resultante :	5.0	-3.5	-18.8	18.0	39.0	1.7
16	1	-5.0	3.5	-18.8	-6.2	-39.0	-1.7
	resultante :	-5.0	3.5	-18.8	-6.2	-39.0	-1.7
17	1	-5.0	-3.5	-18.8	18.0	-39.0	-1.7
	resultante :	-5.0	-3.5	-18.8	18.0	-39.0	-1.7
18	1	3.7	-5.0	-18.8	44.9	12.5	0.7
	resultante :	3.7	-5.0	-18.8	44.9	12.5	0.7
19	1	-3.7	-5.0	-18.8	44.9	-12.5	-0.7
	resultante :	-3.7	-5.0	-18.8	44.9	-12.5	-0.7
20	1	3.7	5.0	-18.8	-33.1	12.5	0.7
	resultante :	3.7	5.0	-18.8	-33.1	12.5	0.7
21	1	-3.7	5.0	-18.8	-33.1	-12.5	-0.7
	resultante :	-3.7	5.0	-18.8	-33.1	-12.5	-0.7
22	1	-0.0	-1.5	-18.8	32.8	-0.0	-0.0
	resultante :	-0.0	-1.5	-18.8	32.8	-0.0	-0.0
23	1	-0.0	-8.5	-18.8	57.0	-0.0	-0.0
	resultante :	-0.0	-8.5	-18.8	57.0	-0.0	-0.0
24	1	0.0	8.5	-18.8	-45.2	0.0	0.0

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
	resultante :	0.0	8.5	-18.8	-45.2	0.0	0.0
25	1	-0.0	1.5	-18.8	-21.0	0.0	0.0
	resultante :	-0.0	1.5	-18.8	-21.0	0.0	0.0



in knopen. UGT combi : 10; Krachten vanuit ondersteuning op poer.



in knopen. UGT combi : 10; Momenten vanuit ondersteuning op poer.

Reacties in steunpunten - waardes in knopen. Lokale extremen

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van knopen:1/11
Groep van UGT combi:1/25

Steunpunt	knoop	combi	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	13	**8.7**	-0.0	18.8	-5.9	**51.5**	**2.5**
		10	**-8.7**	-0.0	18.8	-5.9	**-51.5**	**-2.5**
		23	0.0	**8.5**	18.8	**-57.0**	0.0	0.0
		24	-0.0	**-8.5**	18.8	**45.2**	-0.0	-0.0
		1	0.0	-0.0	**25.3**	-7.9	0.0	0.0
		5	0.0	5.3	**16.9**	-23.4	0.0	0.0

Onderwerp	:	**Ondersteuning OSA**
Onderdeel	:	**Berekening ondersteuning**
Opdrachtgever	:	**Visser&Smit Hanab**
Order	:	**P10189**
Dossier	:	**10.060**
Naam	:	**J. Boogert**
Gecontroleerd	:	**C. de Jong**
Revisie	:	**A**
Datum	:	**25-10-2011**
Berekening	:	**B110003**

ISO 9001:2000

Revisie	0	A	B	C	D	E	F	G
Datum	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Naam	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Gecontr.	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Staalindustrieweg 3, 2952 AT Alblasserdam (NL) / P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam (NL).
Tel.: +31 (0)78-6919222, Fax.: +31 (0)78-6917301

Revisie	Datum	Uitvoering c.q. wijziging
0	10-Jan-11	Eerste uitgave
A	25-Oct-11	Opmerkingen Tennet verwerkt.

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Staalindustrieweg 3, 2952 AT Alblasserdam (NL) / P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam (NL).
Tel.: +31 (0)78-6919222, Fax.: +31 (0)78-6917301

INHOUDSOPGAVE

Onderwerp		**Folio**
1.0	**Algemeen**	1 - 1
1.1	Inleiding	1 - 1
1.2	Ontwerpvoorschriften	1 - 1
1.3	Gebruikte tekeningen en documenten	1 - 1
1.4	Veiligheidsfactoren	1 - 1
1.5	Materialen	1 - 1
1.6	Programmatuur	1 - 1
1.7	Uitgangspunten	1 - 2
2.0	**Rekenmodel**	2 - 1
2.1	Geometrie	2 - 1
2.2	Schematisering	2 - 2
2.3	Belastingen	2 - 3
2.3.1	Eigengewicht staal + componenten	2 - 3
2.3.2	Eigengewicht toebehoren	2 - 3
2.3.3	Maximale kracht OSA	2 - 4
2.3.4	Windbelasting	2 - 4
2.4	Belastingcombinaties	2 - 5
3.0	**Resultaten berekening**	3 - 1
3.1	Verplaatsing	3 - 1
3.2	Unity checks	3 - 1
3.3	Reactiekrachten	3 - 1
4.0	**Verankering**	4 - 1

BIJLAGE A *Tekening ondersteuning OSA*

BIJLAGE B *Berekening ESA-Prima Win*

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

1.0 Algemeen

1.1 Inleiding

Door Visser&Smit Hanab is aan D&C engineering opdracht verstrekt voor o.a. het berekenen van de ondersteuningen voor de OSA's t.b.v. de kabelverbinding onder het noordzeekanaal.

1.2 Ontwerpvoorschriften

Voor de berekening zijn de volgende normen / richtlijnen toegepast:

Normen

NEN 6700	-	Algemene basiseisen
NEN 6702	-	Belastingen en vervormingen
NEN 6770	-	Staalconstructies TGB 1990; basiseisen en basisrekenregels
NEN 6771	-	Staalconstructies TGB 1990; stabiliteit
NEN 6772	-	Staalconstructies TGB 1990; verbindingen

1.3 Gebruikte tekeningen en documenten

Voor de berekening zijn de volgende tekeningen en documenten gebruikt:

Tekeningen

PEXLIM Q360-XH420	-	Surge arrester ABB

Documenten

Spec. blad 1-4 van d.d. 04-2007, edition 5.1	-	Technical data PEXLIM Q

1.4 Veiligheidsfactoren

In de berekening zijn de volgende veiligheidsfactoren aangehouden:

Veiligheidsfactoren NEN 6702:

Veiligheidsklasse: 3

fundamentele combinatie 1:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,35**	$\gamma_{f;q}$	=	**-**
fundamentele combinatie 2:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,20**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,50**
bijzondere combinatie:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,00**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,00**

1.5 Materialen

Voor de berekeningen zijn de volgende materiaalkwaliteiten gebruikt:

- staalkwaliteit : S235
- Boutkwaliteit : 8.8

1.6 Programmatuur

Voor het uitvoeren en rapporteren van de berekening is de volgende programmatuur gebruikt:

- ESA-Prima Win v3.60.420
- Microsoft Excel versie 2007

1.7 Uitgangspunten

Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Voor de verankering zal alleen de ankerdiameter gecontroleerd worden.

  Let op: Voor de ankers wordt aangenomen dat deze voorzien zijn van gerolde draad.

2.0 Rekenmodel

Het rekenmodel van de OSA-ondersteuning wordt in dit hoofdstuk in het kort beschreven. Voor gedetailleerde informatie over het rekenmodel wordt verwezen naar de uitvoer van het rekenpakket ESA-Prima Win, die opgenomen is in bijlage B van dit rapport.

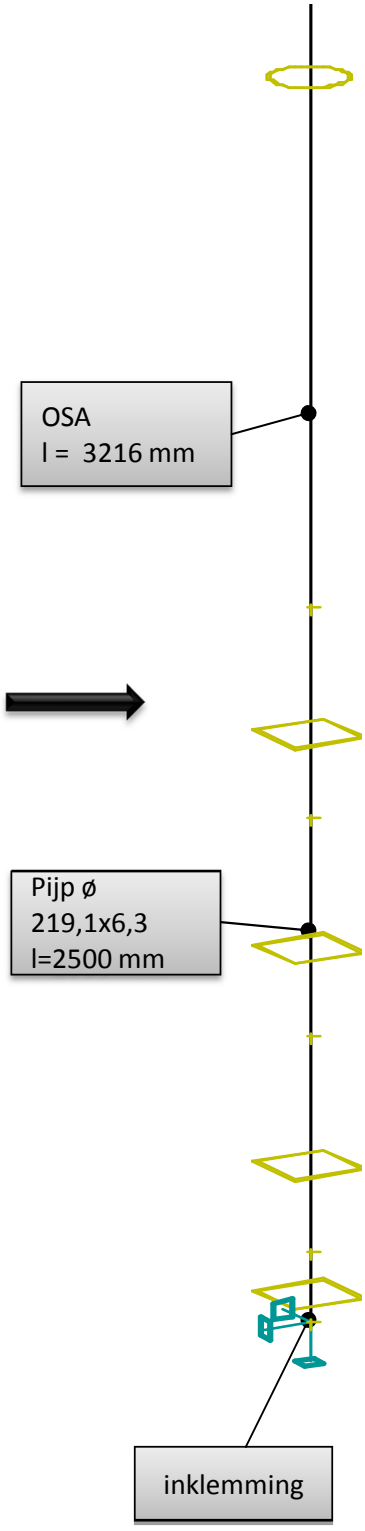
De constructie van de ondersteuning is gemodelleerd door middel van staafelementen, waarbij het gewicht van de OSA is meegenomen door een component met een vergelijkbare profilering. Het rekenmodel wordt gebruikt om de maximale krachten en momenten in de constructie te bepalen. Aan de hand van deze berekende krachten en momenten bepaalt het rekenpakket per profiel de unity check voor zowel sterkte als stabiliteit.

2.1 Geometrie

In bijlage A van dit rapport is een tekening van de OSA-ondersteuning te zien inclusief maatvoering. In de onderstaande figuur is een 3D schets van de constructie gegeven:

2.2 Schematisering

Om de sterkte en stabiliteit van de ondersteuning te kunnen beoordelen wordt de constructie gemodelleerd in het rekenpakket ESA-Prima Win. Hieronder is de schematisering van het rekenmodel te zien:



Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

2.3 Belastingen

In deze paragraaf worden op basis van de voorgeschreven normen en richtlijnen de belastingen op de ondersteuning en de invoer hiervan in het rekenmodel vastgelegd.
De volgende belastingen zijn meegenomen:

1. Eigengewicht staal + componenenten.
2. Eigengewicht kabel + toebehoren.
3. Maximale kracht OSA.
4. Windbelasting.

2.3.1 Eigengewicht staal + componenten

Het eigengewicht van de onderdelen, die gemodelleerd zijn, wordt door het rekenpakket zelf bepaald aan de hand van de opgegeven geometrie en materiaalsoort. De OSA is gemodelleerd met behulp van een vergelijkbaar profiel, zodat het eigengewicht, welke volgens de specificaties gelijk is aan 116 kg, automatisch meegenomen wordt.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 1: Eigengewicht staal + componenenten. (zie bijlage B)

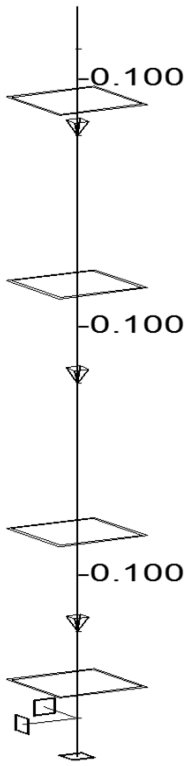
2.3.2 Eigengewicht toebehoren

Voor de extra toebehoren, welke aan de ondersteuning bevestigd zitten, wordt het volgende meegenomen.

$F_{1,rep}$ = 0,10 kN

$F_{2,rep}$ = 0,10 kN

$F_{3,rep}$ = 0,10 kN



ESA-Prima Win: Belastinggeval 2: Eigengewicht toebehoren. (zie bijlage B)

2.3.3 Maximale kracht OSA

De elektriciteitskabels oefenen een kracht uit op de stift die zich aan de bovenzijde van de OSA bevindt. De maximaal toelaatbare kracht op deze stift is volgens opgave van de leverancier gelijk aan 4000 Nm (dynamisch) en kan in verschillende richtingen werken. Rekening houdend met een dynamische factor wordt voor de berekening een kracht aangehouden van 5000 N.
In het rekenmodel zijn twee belastingsgevallen gedefinieerd waarbij de maximale OSA-kracht in respectievelijk de x-richting en y-richting werkt, zoals te zien is in bijlage B van dit rapport.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 3: Maximale kracht OSA x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 4: Maximale kracht OSA y-richt. (zie bijlage B)

2.3.4 Windbelasting

De OSA en de ondersteuning worden aangeblazen door de wind, zodat rekening gehouden moet worden met windbelasting. In het rekenmodel is conform de regels van de NEN 6702 de windbelasting meegenomen:

Algemene gegevens

p_w = 1,00 kN/m^2 (NEN 6702, gebied I, onbebouwd, h = 8 mtr)

OSA gemiddeld Ø250 mm in x- en y-richting

$q_{1,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00					
C_t	=	0,7	-				
C_{dim}	=	1,0	-	}	$q_{1,rep}$	=	0,18 kN/m
b_m	=	0,25	m				
Φ_1	=	1,05	-				

Pijp ø 219,1x6,3 in x- en y-richting

$q_{2,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00					
C_t	=	1,2	-				
C_{dim}	=	1,0	-	}	$q_{2,rep}$	=	0,28 kN/m
b_m	=	0,22	m				
Φ_1	=	1,05	-				

ESA-Prima Win: Belastinggeval 5: Windbelasting in x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 6: Windbelasting in y-richt. (zie bijlage B)

2.4 Belastingcombinaties

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

Uiterste GrensToestand (=UGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,35 x	1,35 x	-	-		-
2	0,90 x	0,90 x	-	-	1,50 x	-
3	0,90 x	0,90 x	-	-	-1,50 x	-
4	0,90 x	0,90 x	-	-	-	1,50 x
5	0,90 x	0,90 x	-	-	-	-1,50 x
6	1,20 x	1,20 x	-	-	1,50 x	-
7	1,20 x	1,20 x	-	-	-1,50 x	-
8	1,20 x	1,20 x	-	-	-	1,50 x
9	1,20 x	1,20 x	-	-	-	-1,50 x
10	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-
11	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-
12	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	1,00 x	-
13	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-1,00 x	-
14	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x
15	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x
16	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	1,00 x
17	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	-1,00 x
18	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	1,00 x	-
19	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-1,00 x	-
20	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	1,00 x	-
21	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-1,00 x	-
22	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	1,00 x
23	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	-1,00 x
24	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	1,00 x
25	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	-1,00 x

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht OSA x-richt.
BG4 = Maximale kracht OSA y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

GebruiksGrensToestand (=GGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,00 x	1,00 x	-	-		-
2	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x	-
3	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x	-
4	1,00 x	1,00 x	-	-	-	1,00 x
5	1,00 x	1,00 x	-	-	-	-1,00 x
6	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-
7	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
8	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*1,00 x*	-
9	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
10	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*1,00 x*
11	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
12	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*1,00 x*
13	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
14	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*1,00 x*	-
15	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*-1,00 x*	-
16	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*1,00 x*	-
17	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*-1,00 x*	-
18	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*1,00 x*
19	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*-1,00 x*
20	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*1,00 x*
21	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht OSA x-richt.
BG4 = Maximale kracht OSA y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De maximale krachten op de OSA, belastingsgevallen 3 + 4, zijn calamiteitenbelastingen en hoeven daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

3.0 Resultaten computerberekening

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de resultaten. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de uitvoer in ESA-Prima Win die opgenomen is in bijlage B.

3.1 Verplaatsing

Uit de resultaten van ESA-Prima Win blijkt dat de maximale uitbuiging aan de bovenzijde van de ondersteuning gelijk is aan 0,9 mm. Deze maximale uitbuiging wordt veroorzaakt door de GGT combinatie: eigengewicht + wind in -y-richt., zoals te zien is in bijlage B van dit rapport.

$u_{eind,\ ondersteuning}$ = 1,6 mm → $h_{totaal} / u_{eind,\ ondersteuning}$ = 2500 / 1,6 ≈ 1560

Let op:

De maximale kracht OSA is een calamiteitenbelasting en hoeft daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

3.2 Unity checks

De sterkte en stabiliteit van de ondersteuning is met behulp van ESA-Prima Win getoetst aan de hand van de NEN 6770 en NEN 6771. Uit de resultaten in bijlage B blijkt dat gekozen profilering van de ondersteuning ruimschoots voldoet. De hoogste unity check voor de zowel de sterkte en stabiliteit is gelijk aan 0,49. Hieronder is een overzicht gegeven van de verschillende unity checks van de ondersteuning.

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	Spann. contr.	Stab. contr.
1	1	Pijp219,1x6,3	0,00	10	**0,49**	**0,49**
	2	Pijp219,1x6,3	0,00	10	0,45	0,45
	3	Pijp219,1x6,3	0,00	10	0,36	0,36
	4	Pijp219,1x6,3	0,00	10	0,30	0,30

Conclusie:

De gekozen profilering van de ondersteuning voldoet ruimschoots aan de regels van NEN 6770 en NEN 6771.

3.3 Reactiekrachten

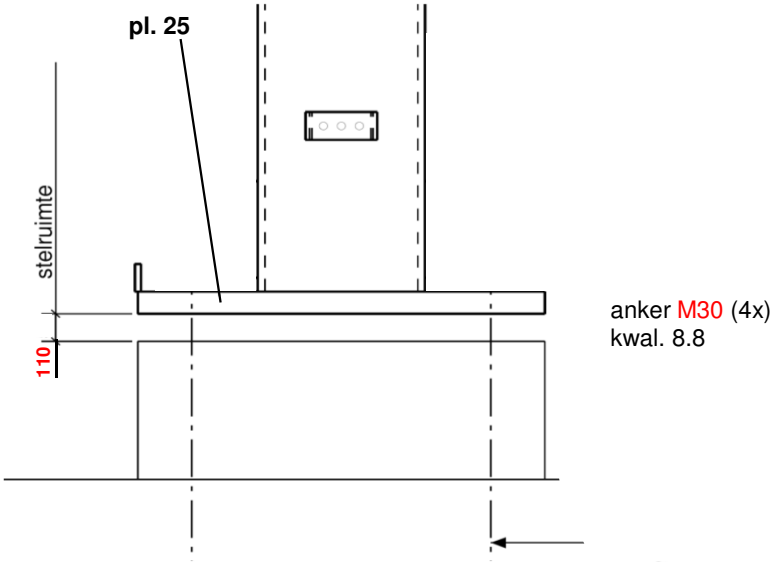
De ondersteuning wordt met behulp van 4 ankers bevestigd op een betonnen poer. De belasting, die de ondersteuning uitoefent op de betonnen poer, is berekend met behulp van ESA-Prima Win. Een uitgebreid overzicht van deze belastingen is te zien in bijlage B van dit rapport. Hieronder volgt overzicht met alleen de maximale krachten in de ondersteuning.

combi	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
10	**6,3**	0.0	-2,4	0.0	**31,9**	0.0
13	**-6,3**	0.0	-2,4	0.0	**-31,9**	0.0
24	0.0	**6,3**	-2,4	**-32,1**	0.0	0.0
23	-0.0	**-6,3**	-2,4	**32,1**	0.0	0.0
1	0.0	0.0	**-3,3**	0.0	0.0	0.0

Opmerking: Belasting van ondersteuning op betonnen poer is weergegeven, incl. combinatie- en veiligheidsfactoren.

4.0 Verankering

De ondersteuning wordt door middel van een viertal ankers bevestigd op een betonnen poer. De gebruikte ankers worden in dit hoofdstuk gecontroleerd aan de hand van de NEN 6770. De verankeringslengte, welke voornamelijk afhangt van de gekozen betonkwaliteit, valt buiten de scope van deze berekening. De constructie ter plaatse van de voetplaat is te zien in de onderstaande figuur.



Belasting ankers

De maximale belasting op de verankering is berekend met behulp van het rekenpakket ESA-Prima Win en is gelijk aan:

$F_{s;d}$	=	3,3	kN
$V_{s;d}$	=	6,3	kN
$M_{buig;s;d}$	=	32,1	kNm
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm

Eigenschappen ankers

Anker M30 kwal. 8.8, gerolde draad.

d_s	=	26,726	mm	l_{steek}	=	400	mm
$A_{b;s}$	=	561	mm^2	h	=	110	mm
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3	$\alpha_{red;2}$	=	1,0	*(gerolde draad !!)*
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2	β_r	=	0,375	*($f_{t;b;d}$ = 800 N/mm^2)*

Controle ankers

De ankers moeten voldoen aan het volgende:

trek

$$\frac{\frac{F_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{buig;s;d}}{l_{steek}}}{A_{b;s}} + \frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right] \cdot h}{W_{b;s}} \leq 0{,}72 \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}$$

waarin,

$F_{s;d}$	=	3,3	kN					
$V_{s;d}$	=	6,3	kN					
$M_{buig;s;d}$	=	32,1	kNm					
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm					
$A_{b;s}$	=	561	mm^2	165,4	N/mm^2	≤	576,0	N/mm^2
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3			⇩		
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2			OK		
l_{steek}	=	400	mm					
h	=	110	mm					

afschuif

$$\frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right]}{A_{b;s}} \leq \frac{\beta_r \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}}{\gamma_M}$$

waarin,

$V_{s;d}$	=	6,3	kN					
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm					
$A_{b;s}$	=	561	mm^2					
l_{steek}	=	400	mm	2,8	N/mm^2	≤	240,0	N/mm^2
β_r	=	0,375	-			⇩		
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2			OK		
γ_M	=	1,25	-					

trek + afschuif

Geen additionele controle nodig voor de ankerbout.

Conclusie

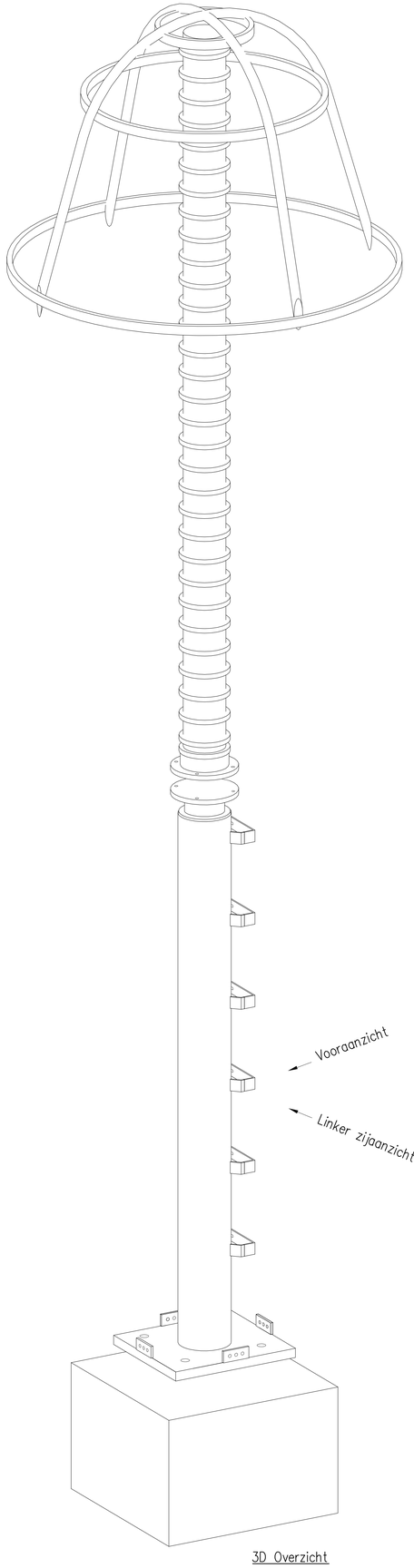
Het blijkt dat 4 ankers M30 voldoen.

Let op: De ankers dienen voorzien te zijn van gerolde draad.

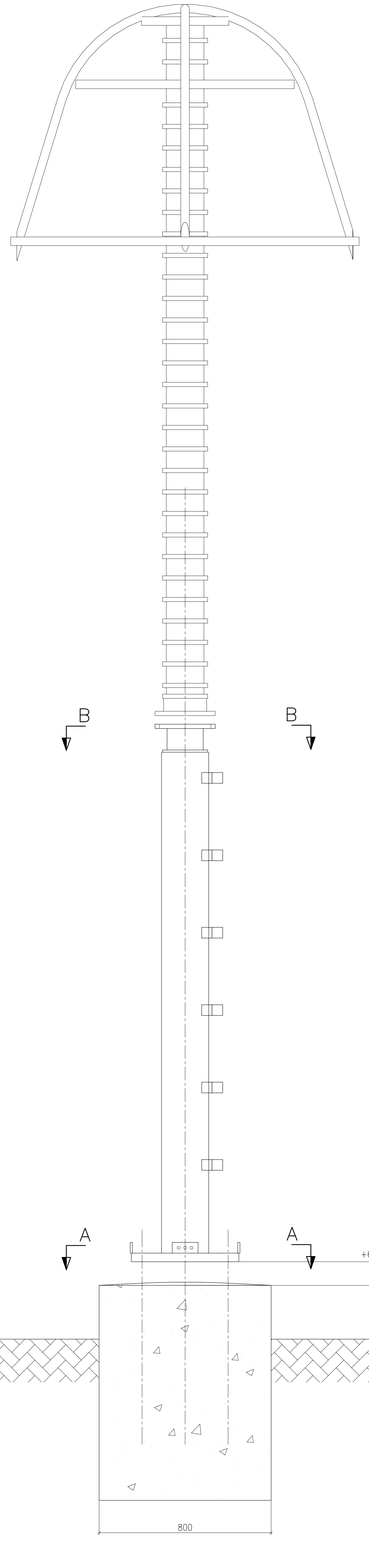
Bijlage A

Tekening ondersteuning OSA

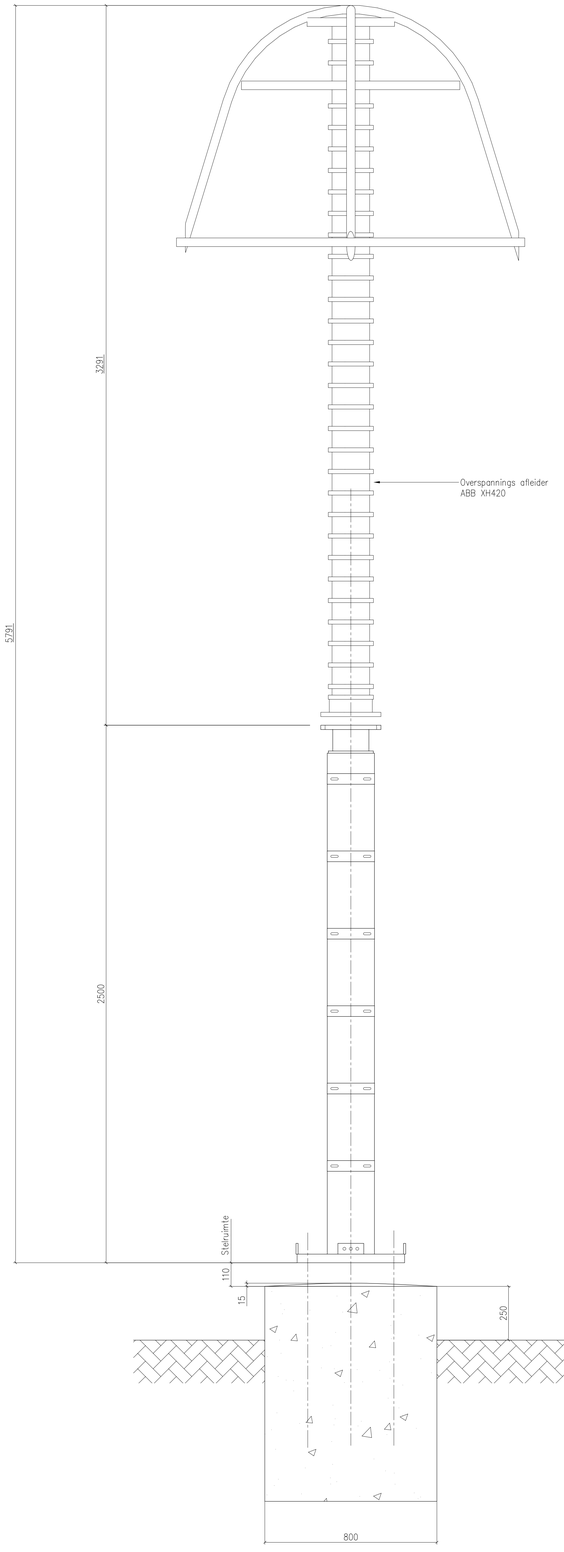
Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-



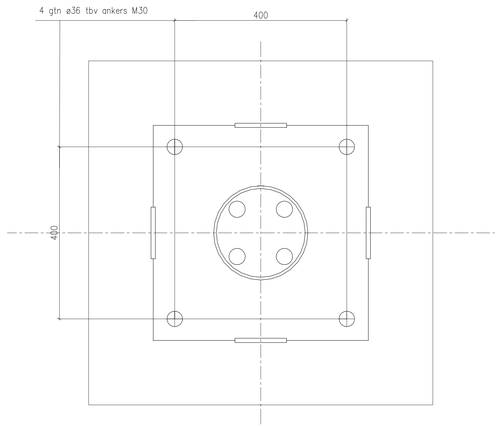
3D Overzicht



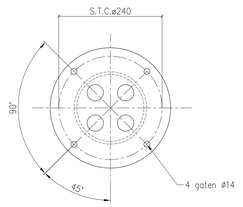
Linker zijaanzicht



Vooraanzicht



Doorsnede A–A



Doorsnede B–B

6x uitvoeren voor OSP VZN
6x uitvoeren voor OSP VZZ

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–132

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
B	20–10–2011	Rv/dW	Stelruimte & naamsaanduiding opstijgpunten gewijzigd.
A	16–06–2011	Rv/dW	Diverse aanpassingen
0	14–01–2011	RDN	First issue

PARTSLIST | DRAWING | DRAWING TITLE
STORELIST | W.P. | M.
FULL SIZE SHEETS

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6917222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:
Staalconstructie overspanningsafleider (OSA)

CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	13–01–2011	R.Deelen	1:10 1:5
CHK'D	15–01–2011	R v/d Wielen	
APP.	15–01–2011	P v Leeuwen	

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

DOSSIER: 10.060 | DRG.NO.: P10189–32 | REV.: B

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.

Bijlage B

Berekening
ESA-Prima Win

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	10-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Project : Visser&Smit Hanab

Omschrijving: Ondersteuning OSA

Auteur : JB

Datum: vrijdag 21 oktober 2011

Basisgegevens
Structuurtype : Raamwerk XYZ

Aantal knopen:	6
Aantal staven:	5
Aantal 1D macro's:	2
Aantal randlijnen:	0
Aantal 2D macro's:	0
Aantal profielen:	3
Aantal belastingsgev.:	6
Aantal materialen:	1

Materiaal

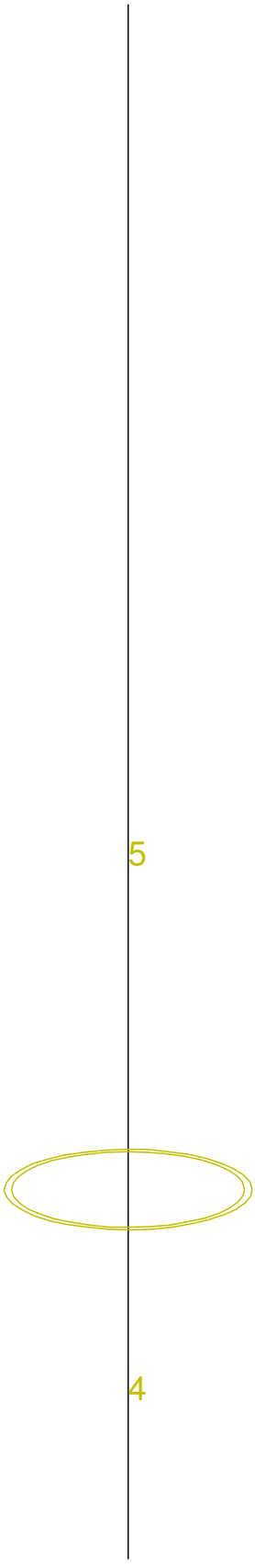
Naam		
S235		
	Treksterkte	360.000 MPa
	Vloeigrens	235.000 MPa
	E-modulus	210000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30
	Specifiek gewicht	7850.000 kg/m^3
	Uitzettingscoëff.	0.012 mm/m.K

Materialenlijst
Groep staven:
1/5

nr.	Naam	Kwaliteit	Eenh. gewicht kg/m	Lengte m	Massa kg
2	Cilinder (250,7)	S235	40.20	3.22	129.45
3	B219.1/6.3	S235	32.73	2.50	81.81

Totaal gewicht van constructie: 211.26 kg
Verfoppervlakte: 4.24 m^2

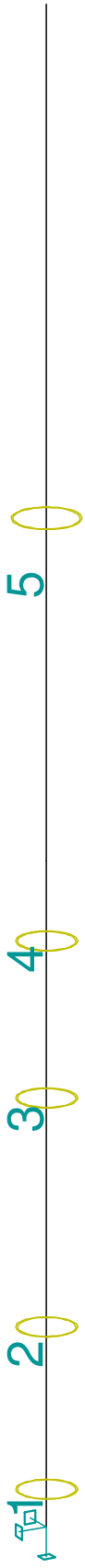
3D model; knopen (1)



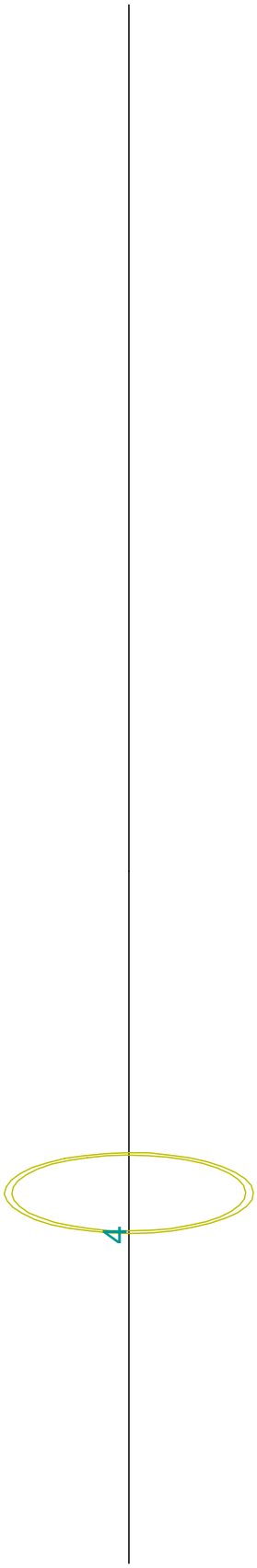
3D model; knopen (2)

Knopen

knoop	X m	Y m	Z m
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.350
3	0.000	0.000	1.350
4	0.000	0.000	2.000
5	0.000	0.000	2.500
6	0.000	0.000	5.720



3D model; staven (1)

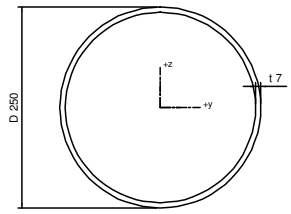


3D model; staven (2)

Staven

macro	staaf	knoop 1	knoop 2	Lengte m	Rx deg	Profiel	Kwaliteit
1	1	1	2	0.350	0.00	3 - B219.1/6.3	S235
	2	2	3	1.000	0.00	3 - B219.1/6.3	S235
	3	3	4	0.650	0.00	3 - B219.1/6.3	S235
	4	4	5	0.500	0.00	3 - B219.1/6.3	S235
2	5	5	6	3.220	0.00	2 - Cilinder (250,7)	S235

Profielen

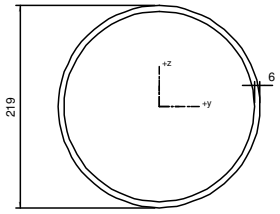


Cilinder (250,7)

Doorsnedeno. 2 - Cilinder (250,7)
Materiaal : 7 - S235

A :	5.121142e+003 mm^2		
Ay/A :	0.637	Az/A :	0.637
Iy :	3.792191e+007 mm^4	Iz :	3.792191e+007 mm^4
Iyz :	-4.326274e-006 mm^4	It :	7.578635e+007 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		
Wely :	3.026061e+005 mm^3	Welz :	3.026061e+005 mm^3
Wply :	3.959456e+005 mm^3	Wplz :	3.959513e+005 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	86.05 mm	iz :	86.05 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		784.40 mm	

Controletype: A-typische doorsnede



B219.1/6.3

Doorsnedeno. 3 - B219.1/6.3
Materiaal : 7 - S235

A :	4.168910e+003 mm^2		
Ay/A :	0.637	Az/A :	0.637
Iy :	2.336798e+007 mm^4	Iz :	2.336798e+007 mm^4
Iyz :	-7.004724e-006 mm^4	It :	4.761381e+007 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		

A :	4.168910e+003 mm^2		
Wely :	2.134063e+005 mm^3	Welz :	2.134063e+005 mm^3
Wply :	2.809687e+005 mm^3	Wplz :	2.809687e+005 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	74.87 mm	iz :	74.87 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		687.14 mm	

Controletype: Ronde holle doorsnede

Diameter	219.00 mm	Lijfdikte	6.30 mm

Steunpunten

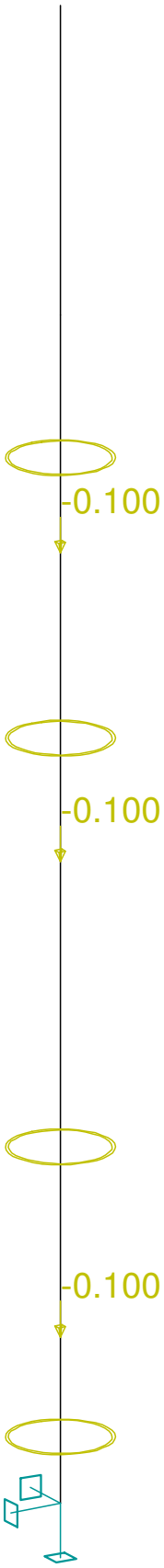
Steunpunt	knoop	type	Afmeting m
1	1	XYZRxRyRz	0.20

Belastinggevallen

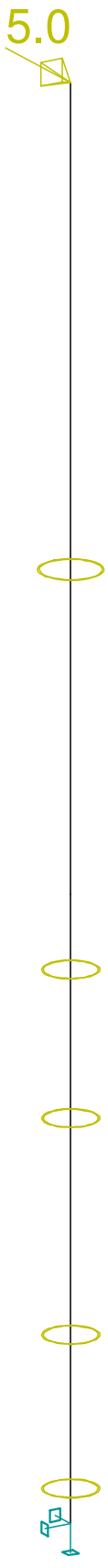
BG	Naam	Omschrijving
1	Eigengewicht staal + componenten	Eigengewicht. Richting -Z
2	Eigengewicht draadtoebehoren	Permanent - Lasten
3	Maximale kracht OSA x-richt.	Variabel - OSA excl.
4	Maximale kracht OSA y-richt.	Variabel - OSA excl. Korte termijn
5	Windbelasting x-richt.	Variabel - Wind excl.
6	Windbelasting y-richt.	Variabel - Wind excl.

Groep van variabele lasten

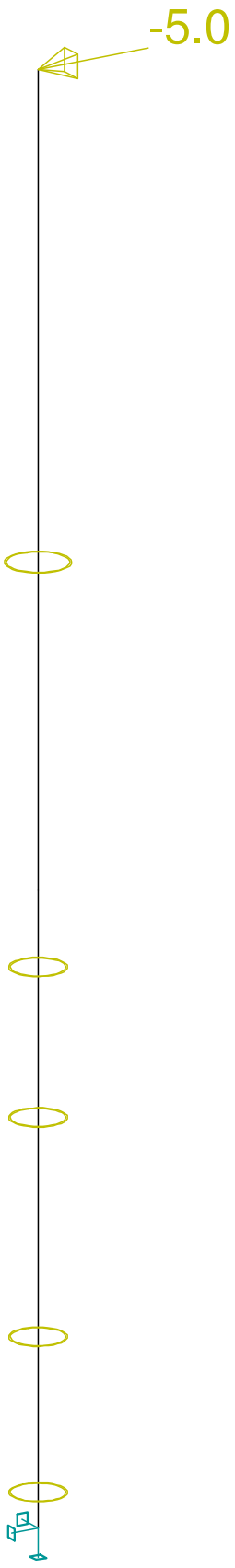
Naam		Omschrijving
OSA	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00
Wind	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00



Knooplasten.Belastinggevallen - 2; Eigengewicht kabel + toebehoren.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht OSA in x-richt.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht OSA in y-richt.

BG nr. 2 - knooplasten

knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
2	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00

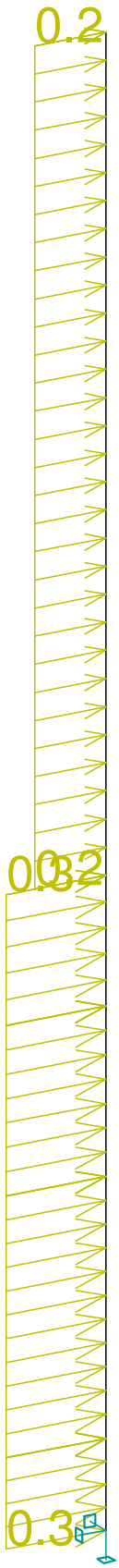
BG nr. 3 - knooplasten

knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
6	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

BG nr. 4 - knooplasten

knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
6	0.00	-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 5; Windbelasting in x-richt.



Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 6; Windbelasting in y-richt.

BG nr. 5 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.28 0.28	0.00 0.00	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.18 0.18	0.00 0.00	0.00 0.00

BG nr. 6 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.28 0.28	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.20 0.20	0.00 0.00

Combinaties

Combi	Norm	BG	coëff
1.	Lineair- UGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.35
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.35
2.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
3.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
4.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
5.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
6.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
7.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
8.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
9.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
10.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
11.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
12.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
13.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
14.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
15.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
16.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
17.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
18.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
19.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
20.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
21.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
22.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
23.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
24.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
25.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
26.	Lineair- GGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
27.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
28.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
29.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
30.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
31.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
32.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
33.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
34.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
35.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
36.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
37.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
38.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht OSA x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
39.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
40.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
41.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
42.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
43.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
44.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
45.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
46.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht OSA y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00

Regels voor het genereren van uiterste combinaties:
1 : 1.35*BG1 / 1.35*BG2
2 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG5
3 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG5
4 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG6
5 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG6
6 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG5
7 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG5
8 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG6
9 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG6
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
22 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
23 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
24 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
25 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Regels voor het genereren van gebruiks combinaties:
1 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2
2 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG5
3 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG5

4 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG6
5 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG6
6 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
7 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
8 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
9 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Lijst van alle UGT combinaties
1/ 1 : +1.35*BG1+1.35*BG2
2/ 2 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG5
3/ 3 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG5
4/ 4 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG6
5/ 5 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG6
6/ 6 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG5
7/ 7 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG5
8/ 8 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG6
9/ 9 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG6
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
22/ 22 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
23/ 23 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
24/ 24 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
25/ 25 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Lijst van alle GGT combinaties
1/ 1 : +1.00*BG1+1.00*BG2
2/ 2 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG5
3/ 3 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG5
4/ 4 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG6
5/ 5 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG6
6/ 6 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
7/ 7 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
8/ 8 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
9/ 9 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Kniklengte

staaf	k yz	k ltb	swayY	swayZ	positie last	k1	kg
1	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
2	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
3	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
4	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0

Verslag berekening.

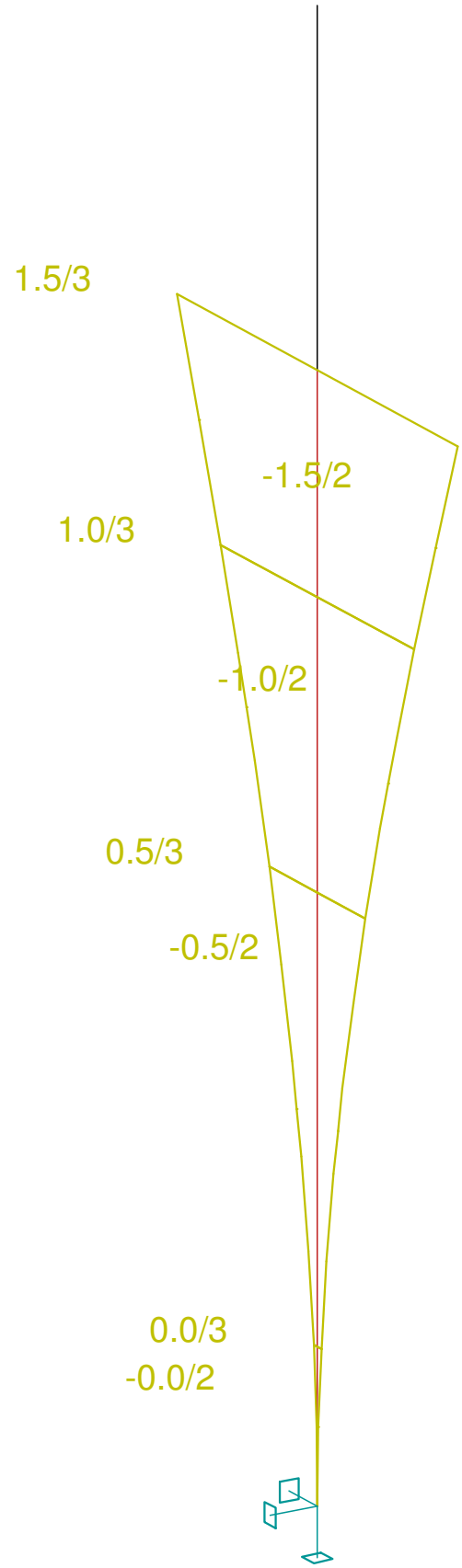
Lineaire berekening

Aantal 2D elementen Aantal 1D elementen Aantal netknopen Aantal vergelijkingen	0 5 6 36
Belastinggevallen	BG 1 Eigengewicht staal + componenten
	BG 2 Eigengewicht draadtoebehoren
	BG 3 Maximale kracht OSA x-richt.
	BG 4 Maximale kracht OSA y-richt.
	BG 5 Windbelasting x-richt.
	BG 6 Windbelasting y-richt.
Start berekening	10.01.2011 13:24
Einde berekening	10.01.2011 13:24

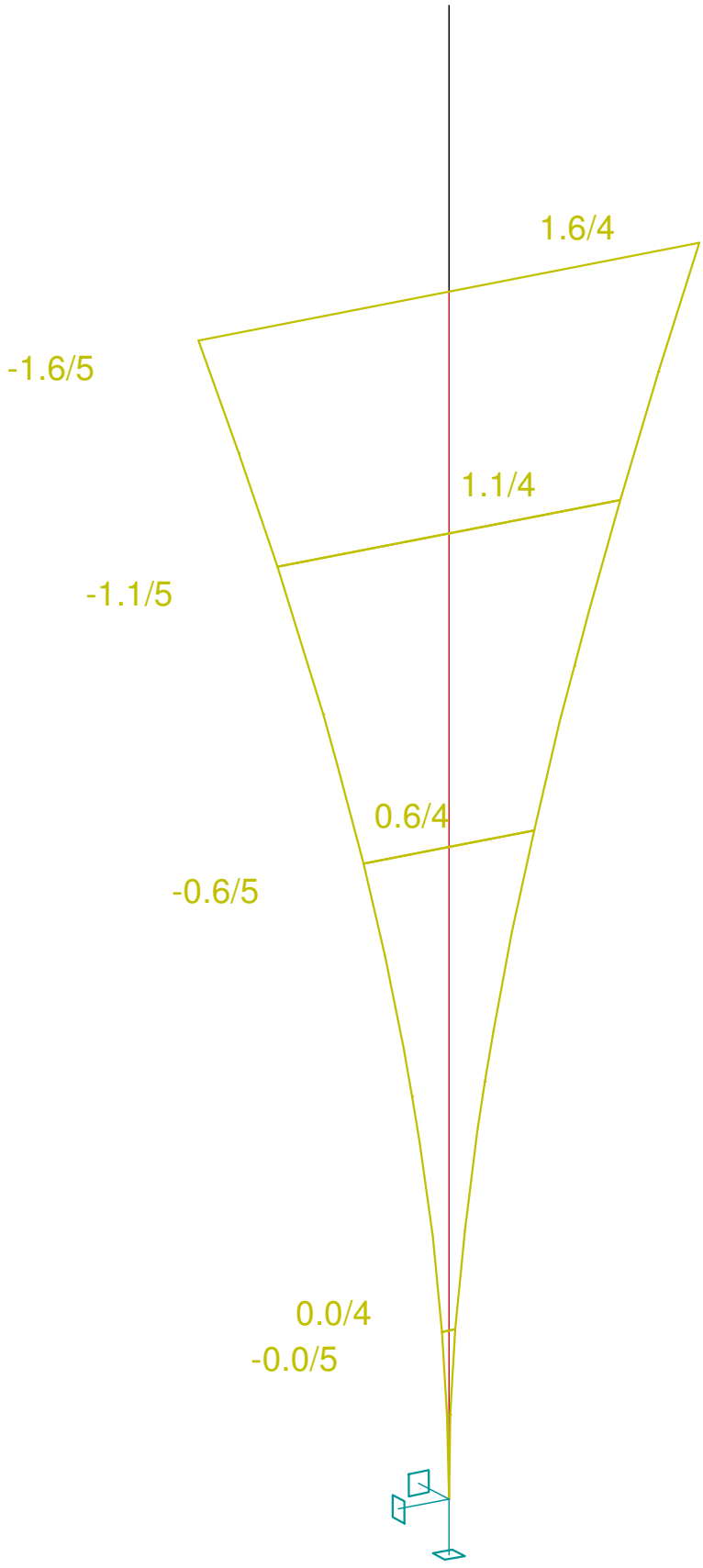
Som van lasten en reacties.

		X	Y	Z
belastinggeval 1	last	0.0	0.0	-2.1
	knoopreacties	0.0	0.0	2.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 2	last	0.0	0.0	-0.3
	knoopreacties	0.0	0.0	0.3
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 3	last	5.0	0.0	0.0
	knoopreacties	-5.0	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

		X	Y	Z
belastinggeval 4	last	0.0	-5.0	0.0
	knoopreacties	0.0	5.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 5	last	1.3	0.0	0.0
	knoopreacties	-1.3	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 6	last	0.0	1.3	0.0
	knoopreacties	0.0	-1.3	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0



Vervorming - uz in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in x-richt.



Vervorming - uy in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in y-richt.

NEN 6770/6771. Staaf 1/4,8/9. UGT alle

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	spann. contr.	stab. contr.
1	1	B219.1/6.3	0.00	23	0.49	0.49
	2				0.45	0.45
	3				0.36	0.36
	4				0.30	0.30

Verbindingskracht in knopen (alles), UGT. comb (alles). Belasting vanuit ondersteuning op poer.

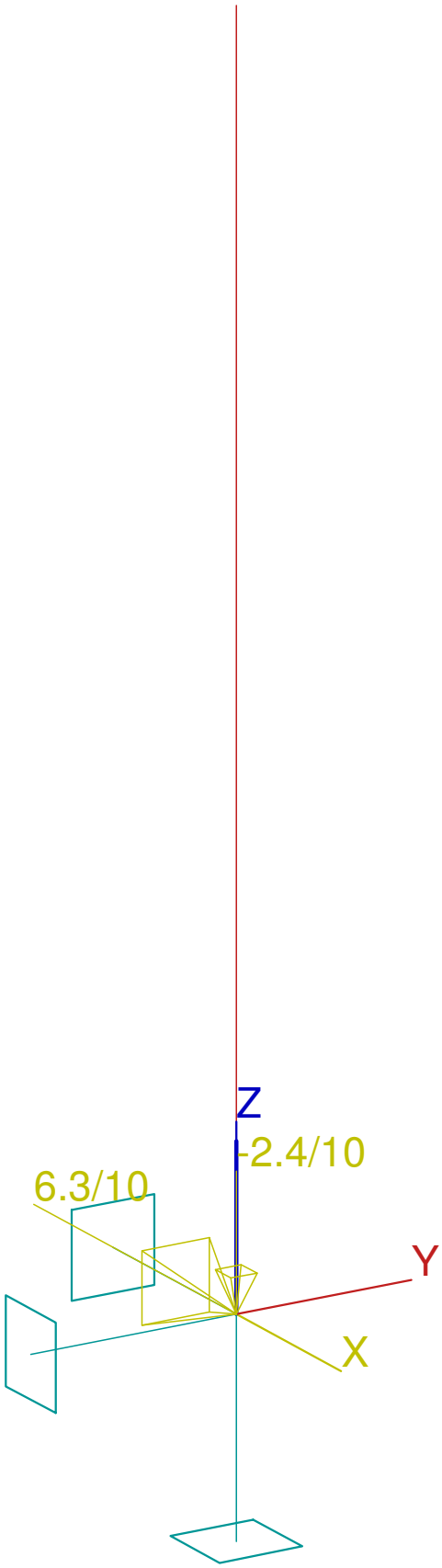
Groep van UGT combi:1/25

1 -

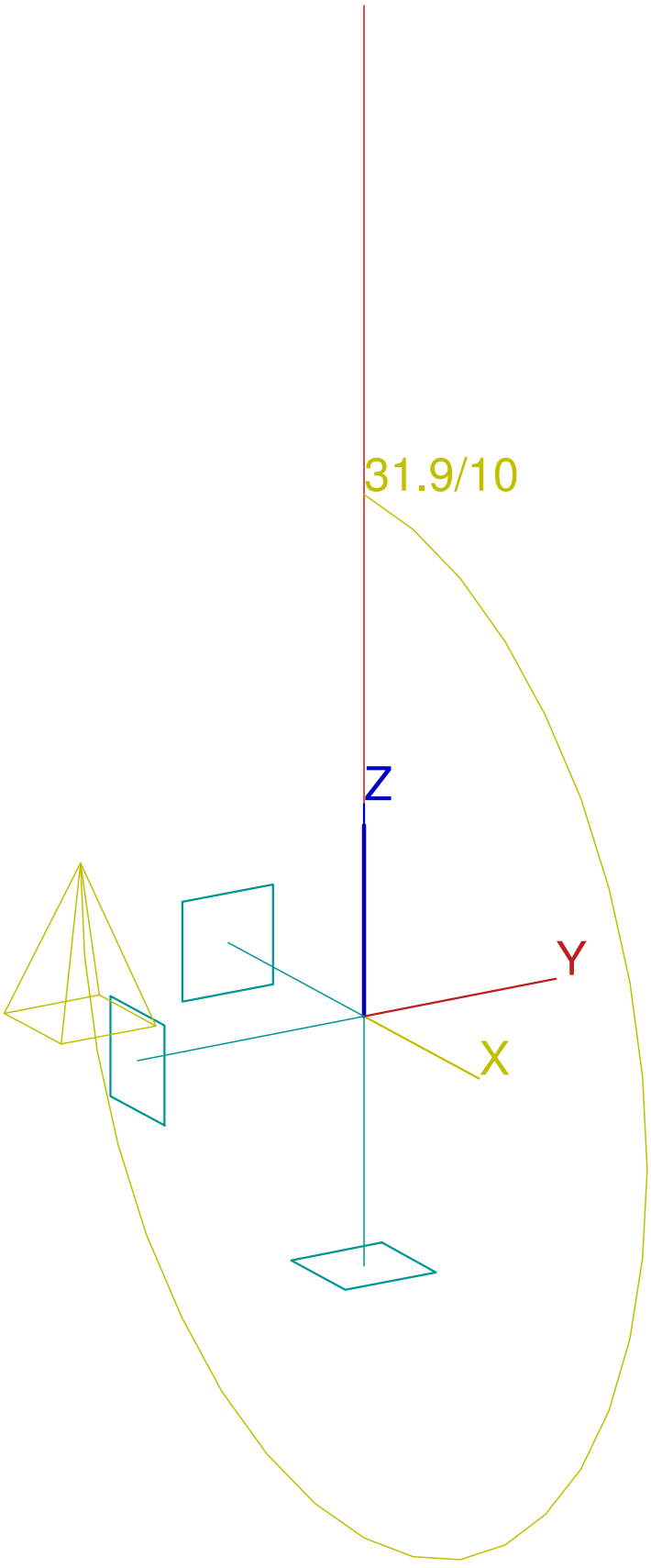
Knoop - 1. Positie van assenstelsel van de verbinding gerelateerd tot knoop : : x : 0.00 m,y : 0.00 m,z : 0.00 m

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	0.0
	resultante :	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	0.0
2	1	1.9	0.0	-2.2	0.0	4.9	0.0
	resultante :	1.9	0.0	-2.2	0.0	4.9	0.0
3	1	-1.9	0.0	-2.2	0.0	-4.9	0.0
	resultante :	-1.9	0.0	-2.2	0.0	-4.9	0.0
4	1	0.0	2.0	-2.2	-5.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	2.0	-2.2	-5.3	0.0	0.0
5	1	0.0	-2.0	-2.2	5.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-2.0	-2.2	5.3	0.0	0.0
6	1	1.9	0.0	-2.9	0.0	4.9	0.0
	resultante :	1.9	0.0	-2.9	0.0	4.9	0.0
7	1	-1.9	0.0	-2.9	0.0	-4.9	0.0
	resultante :	-1.9	0.0	-2.9	0.0	-4.9	0.0
8	1	0.0	2.0	-2.9	-5.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	2.0	-2.9	-5.3	0.0	0.0
9	1	0.0	-2.0	-2.9	5.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-2.0	-2.9	5.3	0.0	0.0
10	1	6.3	0.0	-2.4	0.0	31.9	0.0
	resultante :	6.3	0.0	-2.4	0.0	31.9	0.0
11	1	3.7	0.0	-2.4	0.0	25.3	0.0
	resultante :	3.7	0.0	-2.4	0.0	25.3	0.0
12	1	-3.7	0.0	-2.4	0.0	-25.3	0.0
	resultante :	-3.7	0.0	-2.4	0.0	-25.3	0.0
13	1	-6.3	0.0	-2.4	0.0	-31.9	0.0
	resultante :	-6.3	0.0	-2.4	0.0	-31.9	0.0
14	1	5.0	1.3	-2.4	-3.5	28.6	0.0
	resultante :	5.0	1.3	-2.4	-3.5	28.6	0.0
15	1	5.0	-1.3	-2.4	3.5	28.6	0.0
	resultante :	5.0	-1.3	-2.4	3.5	28.6	0.0
16	1	-5.0	1.3	-2.4	-3.5	-28.6	0.0
	resultante :	-5.0	1.3	-2.4	-3.5	-28.6	0.0
17	1	-5.0	-1.3	-2.4	3.5	-28.6	0.0
	resultante :	-5.0	-1.3	-2.4	3.5	-28.6	0.0
18	1	1.3	-5.0	-2.4	28.6	3.3	0.0
	resultante :	1.3	-5.0	-2.4	28.6	3.3	0.0
19	1	-1.3	-5.0	-2.4	28.6	-3.3	0.0
	resultante :	-1.3	-5.0	-2.4	28.6	-3.3	0.0
20	1	1.3	5.0	-2.4	-28.6	3.3	0.0
	resultante :	1.3	5.0	-2.4	-28.6	3.3	0.0
21	1	-1.3	5.0	-2.4	-28.6	-3.3	0.0
	resultante :	-1.3	5.0	-2.4	-28.6	-3.3	0.0
22	1	0.0	-3.7	-2.4	25.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-3.7	-2.4	25.1	0.0	0.0
23	1	0.0	-6.3	-2.4	32.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-6.3	-2.4	32.1	0.0	0.0
24	1	0.0	6.3	-2.4	-32.1	0.0	0.0

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
	resultante :	0.0	6.3	-2.4	-32.1	0.0	0.0
25	1	0.0	3.7	-2.4	-25.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	3.7	-2.4	-25.1	0.0	0.0



in knopen. UGT combi : 10; Krachten vanuit ondersteuning op poer.



in knopen. UGT combi : 10; Momenten vanuit ondersteuning op poer.

Reacties in steunpunten - waardes in knopen. Globale extremen

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van knopen:1/6
Groep van UGT combi:1/25

Steunpunt	knoop	combi	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	13	**6.3**	0.0	2.4	0.0	**31.9**	0.0
		10	**-6.3**	0.0	2.4	0.0	**-31.9**	0.0
		23	0.0	**6.3**	2.4	**-32.1**	0.0	0.0
		24	0.0	**-6.3**	2.4	**32.1**	0.0	0.0
		1	0.0	0.0	**3.3**	0.0	0.0	0.0
		2	-1.9	0.0	**2.2**	0.0	-4.9	0.0

Vervormingen van staven.

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van staven:1/5
Groep van belastinggevallen:5, Windbelasting x-richt.

staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
1	3	0.000	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
		0.175	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
			5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
		0.350	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.2	0.0
2		0.000	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.2	0.0
		0.200	5	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.3	0.0
		0.400	5	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.4	0.0
		0.500	5	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.5	0.0
			5	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.5	0.0
		0.600	5	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.5	0.0
		0.800	5	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.6	0.0
		1.000	5	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.7	0.0
3		0.000	5	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.7	0.0
		0.217	5	0.0	0.0	-0.7	0.0	0.8	0.0
		0.325	5	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.8	0.0
			5	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.8	0.0
		0.433	5	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.8	0.0
		0.650	5	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.9	0.0
4		0.000	5	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.9	0.0
		0.250	5	0.0	0.0	-1.3	0.0	0.9	0.0
			5	0.0	0.0	-1.3	0.0	0.9	0.0
		0.500	5	0.0	0.0	-1.5	0.0	1.0	0.0
5	2	0.000	5	0.0	0.0	-1.5	0.0	1.0	0.0
		0.179	5	0.0	0.0	-1.7	0.0	1.0	0.0
		0.358	5	0.0	0.0	-1.9	0.0	1.0	0.0
		0.537	5	0.0	0.0	-2.0	0.0	1.0	0.0
		0.716	5	0.0	0.0	-2.2	0.0	1.1	0.0
		0.894	5	0.0	0.0	-2.4	0.0	1.1	0.0
		1.073	5	0.0	0.0	-2.6	0.0	1.1	0.0
		1.252	5	0.0	0.0	-2.8	0.0	1.1	0.0
		1.431	5	0.0	0.0	-3.0	0.0	1.1	0.0
		1.610	5	0.0	0.0	-3.2	0.0	1.1	0.0
			5	0.0	0.0	-3.2	0.0	1.1	0.0
		1.789	5	0.0	0.0	-3.4	0.0	1.1	0.0
		1.968	5	0.0	0.0	-3.6	0.0	1.1	0.0
		2.147	5	0.0	0.0	-3.8	0.0	1.1	0.0

staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
		2.326	5	0.0	0.0	-4.0	0.0	1.1	0.0
		2.504	5	0.0	0.0	-4.2	0.0	1.1	0.0
		2.683	5	0.0	0.0	-4.4	0.0	1.1	0.0
		2.862	5	0.0	0.0	-4.6	0.0	1.1	0.0
		3.041	5	0.0	0.0	-4.8	0.0	1.1	0.0
		3.220	5	0.0	0.0	-5.0	0.0	1.1	0.0

Vervormingen van staven.

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van staven:1/5
Groep van belastinggevallen:6, Windbelasting y-richt.

staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
1	3	0.000	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.175	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
			6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		0.350	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2		0.000	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
		0.200	6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4
		0.400	6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.500	6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5
			6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.600	6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6
		0.800	6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.000	6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7
3		0.000	6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7
		0.217	6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.8
		0.325	6	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.9
			6	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.9
		0.433	6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.9
		0.650	6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.0
4		0.000	6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.0
		0.250	6	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	1.0
			6	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	1.0
		0.500	6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	1.1
5	2	0.000	6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	1.1
		0.179	6	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.1
		0.358	6	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.1
		0.537	6	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	1.1
		0.716	6	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	1.2
		0.894	6	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.073	6	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.252	6	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.431	6	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.610	6	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	1.2
			6	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.789	6	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	1.2
		1.968	6	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	1.2
		2.147	6	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	1.2
		2.326	6	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	1.2
		2.504	6	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	1.2
		2.683	6	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	1.2
		2.862	6	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	1.2

staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
		3.041	6	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	1.2
		3.220	6	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	1.2

Onderwerp	:	**Ondersteuning spanningstrafo**
Onderdeel	:	**Berekening ondersteuning**
Opdrachtgever	:	**Visser&Smit Hanab**
Order	:	**P10189**
Dossier	:	**10.060**
Naam	:	**J. Boogert**
Gecontroleerd	:	**C. de Jong**
Revisie	:	**A**
Datum	:	**25-10-2011**
Berekening	:	**B110004**

ISO 9001:2000

Revisie	0	A	B	C	D	E	F	G
Datum	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Naam	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Gecontr.	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Staalindustrieweg 3, 2952 AT Alblasserdam (NL) / P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam (NL).
Tel.: +31 (0)78-6919222, Fax.: +31 (0)78-6917301

Revisie	Datum	Uitvoering c.q. wijziging
0	13-Jan-11	Eerste uitgave
A	25-Oct-11	Opmerkingen Tennet verwerkt.

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Staalindustrieweg 3, 2952 AT Alblasserdam (NL) / P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam (NL).
Tel.: +31 (0)78-6919222, Fax.: +31 (0)78-6917301

INHOUDSOPGAVE

Onderwerp		**Folio**
1.0	**Algemeen**	1 - 1
1.1	Inleiding	1 - 1
1.2	Ontwerpvoorschriften	1 - 1
1.3	Gebruikte tekeningen en documenten	1 - 1
1.4	Veiligheidsfactoren	1 - 1
1.5	Materialen	1 - 1
1.6	Programmatuur	1 - 1
1.7	Uitgangspunten	1 - 2
2.0	**Rekenmodel**	2 - 1
2.1	Geometrie	2 - 1
2.2	Schematisering	2 - 2
2.3	Belastingen	2 - 3
2.3.1	Eigengewicht staal + componenten	2 - 3
2.3.2	Eigengewicht toebehoren	2 - 3
2.3.3	Maximale kracht spanningstrafo	2 - 4
2.3.4	Windbelasting	2 - 4
2.4	Belastingcombinaties	2 - 5
3.0	**Resultaten berekening**	3 - 1
3.1	Verplaatsing	3 - 1
3.2	Unity checks	3 - 1
3.3	Reactiekrachten	3 - 1
4.0	**Verankering**	4 - 1

BIJLAGE A *Tekening ondersteuning spanningstrafo*

BIJLAGE B *Berekening ESA-Prima Win*

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

1.0 Algemeen

1.1 Inleiding

Door Visser&Smit Hanab is aan D&C engineering opdracht verstrekt voor o.a. het berekenen van de ondersteuningen voor de spanningstrafo's t.b.v. de kabelverbinding onder het noordzeekanaal.

1.2 Ontwerpvoorschriften

Voor de berekening zijn de volgende normen / richtlijnen toegepast:

Normen

NEN 6700	-	Algemene basiseisen
NEN 6702	-	Belastingen en vervormingen
NEN 6770	-	Staalconstructies TGB 1990; basiseisen en basisrekenregels
NEN 6771	-	Staalconstructies TGB 1990; stabiliteit
NEN 6772	-	Staalconstructies TGB 1990; verbindingen

1.3 Gebruikte tekeningen en documenten

Voor de berekening zijn de volgende tekeningen en documenten gebruikt:

Tekeningen

RC-Voltage transformer RCVT 420-V0	-	Voltage transformer Trench Suisse-France tekeningnr. 3-50570512

Documenten

Spec. RCVT420s REV01 TenneT 2007, seite 1+2	-	Technical data bij tekeningnr. 3-50570512

1.4 Veiligheidsfactoren

In de berekening zijn de volgende veiligheidsfactoren aangehouden:

Veiligheidsfactoren NEN 6702:

Veiligheidsklasse: 3

fundamentele combinatie 1:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,35**	$\gamma_{f;q}$	=	**-**
fundamentele combinatie 2:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,20**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,50**
bijzondere combinatie:	$\gamma_{f;g}$	=	**1,00**	$\gamma_{f;q}$	=	**1,00**

1.5 Materialen

Voor de berekeningen zijn de volgende materiaalkwaliteiten gebruikt:

- staalkwaliteit : S235
- Boutkwaliteit : 8.8

1.6 Programmatuur

Voor het uitvoeren en rapporteren van de berekening is de volgende programmatuur gebruikt:

- ESA-Prima Win v3.60.420
- Microsoft Excel versie 2007

1.7 Uitgangspunten

Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Voor de verankering zal alleen de ankerdiameter gecontroleerd worden.

  Let op: Voor de ankers wordt aangenomen dat deze voorzien zijn van gerolde draad.

2.0 Rekenmodel

Het rekenmodel van de spanningstrafo-ondersteuning wordt in dit hoofdstuk in het kort beschreven. Voor gedetailleerde informatie over het rekenmodel wordt verwezen naar de uitvoer van het rekenpakket ESA-Prima Win, die opgenomen is in bijlage B van dit rapport.

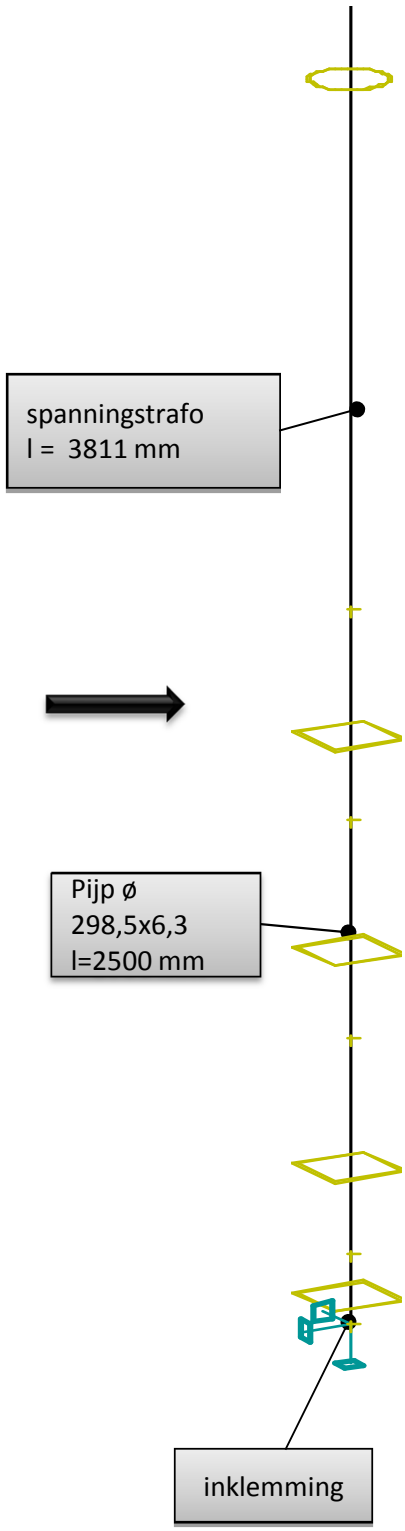
De constructie van de ondersteuning is gemodelleerd door middel van staafelementen, waarbij het gewicht van de spanningstrafo is meegenomen door een component met een vergelijkbare profilering. Het rekenmodel wordt gebruikt om de maximale krachten en momenten in de constructie te bepalen. Aan de hand van deze berekende krachten en momenten bepaalt het rekenpakket per profiel de unity check voor zowel sterkte als stabiliteit.

2.1 Geometrie

In bijlage A van dit rapport is een tekening van de spanningstrafo-ondersteuning te zien inclusief maatvoering. In de onderstaande figuur is een 3D schets van de constructie gegeven:

2.2 Schematisering

Om de sterkte en stabiliteit van de ondersteuning te kunnen beoordelen wordt de constructie gemodelleerd in het rekenpakket ESA-Prima Win. Hieronder is de schematisering van het rekenmodel te zien:



Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

2.3 Belastingen

In deze paragraaf worden op basis van de voorgeschreven normen en richtlijnen de belastingen op de ondersteuning en de invoer hiervan in het rekenmodel vastgelegd.
De volgende belastingen zijn meegenomen:

1. Eigengewicht staal + componenenten.
2. Eigengewicht kabel + toebehoren.
3. Maximale kracht spanningstrafo.
4. Windbelasting.

2.3.1 Eigengewicht staal + componenten

Het eigengewicht van de onderdelen, die gemodelleerd zijn, wordt door het rekenpakket zelf bepaald aan de hand van de opgegeven geometrie en materiaalsoort. De spanningstrafo is gemodelleerd met behulp van een vergelijkbaar profiel, zodat het eigengewicht, welke volgens de specificaties gelijk is aan 200 kg, automatisch meegenomen wordt.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 1: Eigengewicht staal + componenenten. (zie bijlage B)

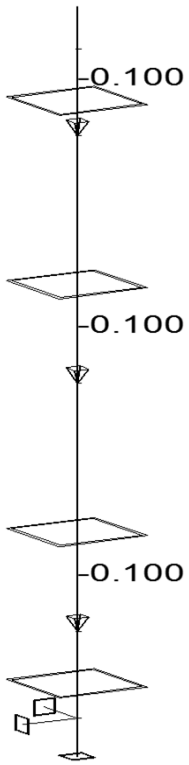
2.3.2 Eigengewicht toebehoren

Voor de extra toebehoren, welke aan de ondersteuning bevestigd zitten, wordt het volgende meegenomen.

$F_{1,rep}$ = 0,10 kN

$F_{2,rep}$ = 0,10 kN

$F_{3,rep}$ = 0,10 kN



ESA-Prima Win: Belastinggeval 2: Eigengewicht toebehoren. (zie bijlage B)

2.3.3 Maximale kracht spanningstrafo

De elektriciteitskabels oefenen een kracht uit op de stift die zich aan de bovenzijde van de spanningstrafo bevindt. De maximaal toelaatbare kracht op deze stift is volgens opgave van de leverancier gelijk aan 1500 N en kan in verschillende richtingen werken.
Rekening houdend met een dynamische factor wordt voor de berekening een kracht aangehouden van 5000 N. (conform spanningstrafo).
In het rekenmodel zijn twee belastingsgevallen gedefinieerd waarbij de maximale spanningstrafo-kracht in respectievelijk de x-richting en y-richting werkt, zoals te zien is in bijlage B van dit rapport.

ESA-Prima Win: Belastinggeval 3: Max. kracht spanningstrafo x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 4: Max. kracht spanningstrafo y-richt. (zie bijlage B)

2.3.4 Windbelasting

De spanningstrafo en de ondersteuning worden aangeblazen door de wind, zodat rekening gehouden moet worden met windbelasting. In het rekenmodel is conform de regels van de NEN 6702 de windbelasting meegenomen:

Algemene gegevens

p_w = 1,00 kN/m^2 (NEN 6702, gebied I, onbebouwd, h = 8 mtr)

Spanningstrafo gemiddeld Ø280 mm in x- en y-richting

$q_{1,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00	
C_t	=	0,7	-
C_{dim}	=	1,0	-
b_m	=	0,28	m
Φ_1	=	1,05	-

$q_{1,rep}$ = 0,21 kN/m

Pijp ø 298,5x6,3 in x- en y-richting

$q_{2,rep} = p_w \bullet C_t \bullet C_{dim} \bullet b_m \bullet \Phi_1$

waarin,

p_w	=	1,00	
C_t	=	1,2	-
C_{dim}	=	1,0	-
b_m	=	0,3	m
Φ_1	=	1,05	-

$q_{2,rep}$ = 0,38 kN/m

ESA-Prima Win: Belastinggeval 5: Windbelasting in x-richt. (zie bijlage B)
Belastinggeval 6: Windbelasting in y-richt. (zie bijlage B)

2.4 Belastingcombinaties

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

Uiterste GrensToestand (=UGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,35 x	1,35 x	-	-		-
2	0,90 x	0,90 x	-	-	1,50 x	-
3	0,90 x	0,90 x	-	-	-1,50 x	-
4	0,90 x	0,90 x	-	-	-	1,50 x
5	0,90 x	0,90 x	-	-	-	-1,50 x
6	1,20 x	1,20 x	-	-	1,50 x	-
7	1,20 x	1,20 x	-	-	-1,50 x	-
8	1,20 x	1,20 x	-	-	-	1,50 x
9	1,20 x	1,20 x	-	-	-	-1,50 x
10	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-
11	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-
12	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	1,00 x	-
13	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-1,00 x	-
14	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x
15	1,00 x	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x
16	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	1,00 x
17	1,00 x	1,00 x	-1,00 x	-	-	-1,00 x
18	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	1,00 x	-
19	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-1,00 x	-
20	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	1,00 x	-
21	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-1,00 x	-
22	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	1,00 x
23	1,00 x	1,00 x	-	1,00 x	-	-1,00 x
24	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	1,00 x
25	1,00 x	1,00 x	-	-1,00 x	-	-1,00 x

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht spanningstrafo x-richt.
BG4 = Maximale kracht spanningstrafo y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

De volgende belastingcombinaties zijn gedefinieerd conform de geldende norm:

GebruiksGrensToestand (=GGT)

Combinatie	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
1	1,00 x	1,00 x	-	-		-
2	1,00 x	1,00 x	-	-	1,00 x	-
3	1,00 x	1,00 x	-	-	-1,00 x	-
4	1,00 x	1,00 x	-	-	-	1,00 x
5	1,00 x	1,00 x	-	-	-	-1,00 x
6	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-
7	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
8	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*1,00 x*	-
9	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*	-
10	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*1,00 x*
11	*1,00 x*	*1,00 x*	*1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
12	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*1,00 x*
13	*1,00 x*	*1,00 x*	*-1,00 x*	-	-	*-1,00 x*
14	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*1,00 x*	-
15	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	*-1,00 x*	-
16	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*1,00 x*	-
17	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	*-1,00 x*	-
18	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*1,00 x*
19	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*1,00 x*	-	*-1,00 x*
20	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*1,00 x*
21	*1,00 x*	*1,00 x*	-	*-1,00 x*	-	*-1,00 x*

Opmerking:

BG1 = Eigengewicht staal + componenten
BG2 = Eigengewicht kabels + toebehoren
BG3 = Maximale kracht spanningstrafo x-richt.
BG4 = Maximale kracht spanningstrafo y-richt.
BG5 = Windbelasting x-richt.
BG6 = Windbelasting y-richt.

De maximale krachten op de Spanningstrafo, belastingsgevallen 3 + 4, zijn calamiteitenbelastingen en hoeven daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

De bovenstaande belastingcombinaties zijn ook te zien in bijlage B van dit rapport.

3.0 Resultaten computerberekening

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de resultaten. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de uitvoer in ESA-Prima Win die opgenomen is in bijlage B.

3.1 Verplaatsing

Uit de resultaten van ESA-Prima Win blijkt dat de maximale uitbuiging aan de bovenzijde van de ondersteuning gelijk is aan 0,9 mm. Deze maximale uitbuiging wordt veroorzaakt door de GGT combinatie: eigengewicht + wind in -y-richt., zoals te zien is in bijlage B van dit rapport.

$u_{eind,\ ondersteuning}$ = 0,9 mm → $h_{totaal} / u_{eind,\ ondersteuning}$ = 2500 / 0,9 ≈ 2700

Let op:

De maximale kracht spanningstrafo is een calamiteitenbelasting en hoeft daardoor niet meegenomen te worden voor de bepaling van de maximale uitbuiging.

3.2 Unity checks

De sterkte en stabiliteit van de ondersteuning is met behulp van ESA-Prima Win getoetst aan de hand van de NEN 6770 en NEN 6771. Uit de resultaten in bijlage B blijkt dat gekozen profilering van de ondersteuning ruimschoots voldoet. De hoogste unity check voor de zowel de sterkte en stabiliteit is gelijk aan 0,29. Hieronder is een overzicht gegeven van de verschillende unity checks van de ondersteuning.

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	Spann. contr.	Stab. contr.
1	1	Pijp298,5x6,3	0,00	10	**0,29**	**0,29**
	2	Pijp298,5x6,3	0,00	10	0,27	0,27
	3	Pijp298,5x6,3	0,00	10	0,22	0,22
	4	Pijp298,5x6,3	0,00	10	0,19	0,19

Conclusie:

De gekozen profilering van de ondersteuning voldoet ruimschoots aan de regels van NEN 6770 en NEN 6771.

3.3 Reactiekrachten

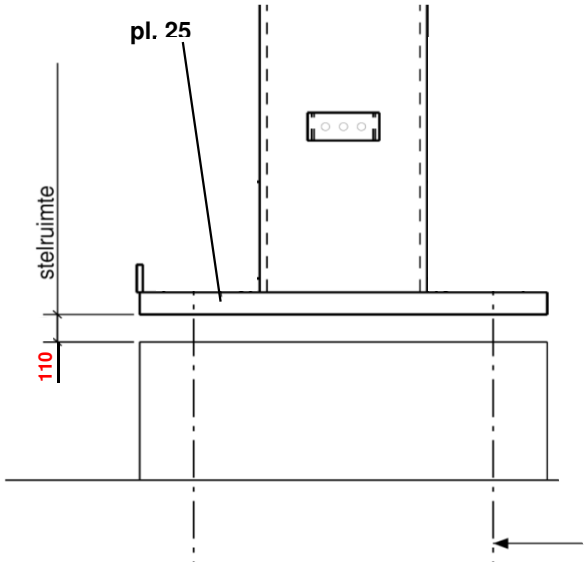
De ondersteuning wordt met behulp van 4 ankers bevestigd op een betonnen poer. De belasting, die de ondersteuning uitoefent op de betonnen poer, is berekend met behulp van ESA-Prima Win. Een uitgebreid overzicht van deze belastingen is te zien in bijlage B van dit rapport. Hieronder volgt overzicht met alleen de maximale krachten in de ondersteuning.

combi	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
10	**6,8**	0.0	-3,4	0.0	**-36,3**	0.0
13	**-6,8**	0.0	-3,4	0.0	**36,3**	0.0
25	0.0	**-6,8**	-3,4	**36,3**	0.0	0.0
22	-0.0	**6,8**	-3,4	**-36,3**	0.0	0.0
1	0.0	0.0	**-4,5**	0.0	0.0	0.0

Opmerking: Belasting van ondersteuning op betonnen poer is weergegeven, incl. combinatie- en veiligheidsfactoren.

4.0 Verankering

De ondersteuning wordt door middel van een viertal ankers bevestigd op een betonnen poer. De gebruikte ankers worden in dit hoofdstuk gecontroleerd aan de hand van de NEN 6770. De verankeringslengte, welke voornamelijk afhangt van de gekozen betonkwaliteit, valt buiten de scope van deze berekening. De constructie ter plaatse van de voetplaat is te zien in de onderstaande figuur.



anker M30 (4x)
kwal. 8.8

Belasting ankers

De maximale belasting op de verankering is berekend met behulp van het rekenpakket ESA-Prima Win en is gelijk aan:

$F_{s;d}$	=	4,5	kN
$V_{s;d}$	=	6,8	kN
$M_{buig;s;d}$	=	36,3	kNm
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm

Eigenschappen ankers

Anker M30 kwal. 8.8, gerolde draad.

d_s	=	26,726	mm	l_{steek}	=	400	mm
$A_{b;s}$	=	561	mm^2	h	=	110	mm
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3	$\alpha_{red;2}$	=	1,0	*(gerolde draad !!)*
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm^2	β_r	=	0,375	*($f_{t;b;d}$ = 800 N/mm^2)*

Controle ankers

De ankers moeten voldoen aan het volgende:

trek

$$\frac{\frac{F_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{buig;s;d}}{l_{steek}}}{A_{b;s}} + \frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right] \cdot h}{W_{b;s}} \leq 0{,}72 \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}$$

waarin,

$F_{s;d}$	=	4,5	kN					
$V_{s;d}$	=	6,8	kN					
$M_{buig;s;d}$	=	36,3	kNm					
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm					
$A_{b;s}$	=	561	mm^2	182,7	N/mm²	≤	576,0	N/mm²
$W_{b;s}$	=	1874	mm^3			⇩		
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm²			OK		
l_{steek}	=	400	mm					
h	=	110	mm					

afschuif

$$\frac{\left[\frac{V_{s;d}}{4} + ½ \cdot \frac{M_{torsie;s;d}}{l_{steek}}\right]}{A_{b;s}} \leq \frac{\beta_r \cdot \alpha_{red;2} \cdot f_{t;b;d}}{\gamma_M}$$

waarin,

$V_{s;d}$	=	6,8	kN					
$M_{torsie;s;d}$	=	0,0	kNm					
$A_{b;s}$	=	561	mm^2					
l_{steek}	=	400	mm	3,0	N/mm²	≤	240,0	N/mm²
β_r	=	0,375	-			⇩		
$\alpha_{red;2}$	=	1,0	-					
$f_{t;b;d}$	=	800	N/mm²			OK		
γ_M	=	1,25	-					

trek + afschuif

Geen additionele controle nodig voor de ankerbout.

Conclusie

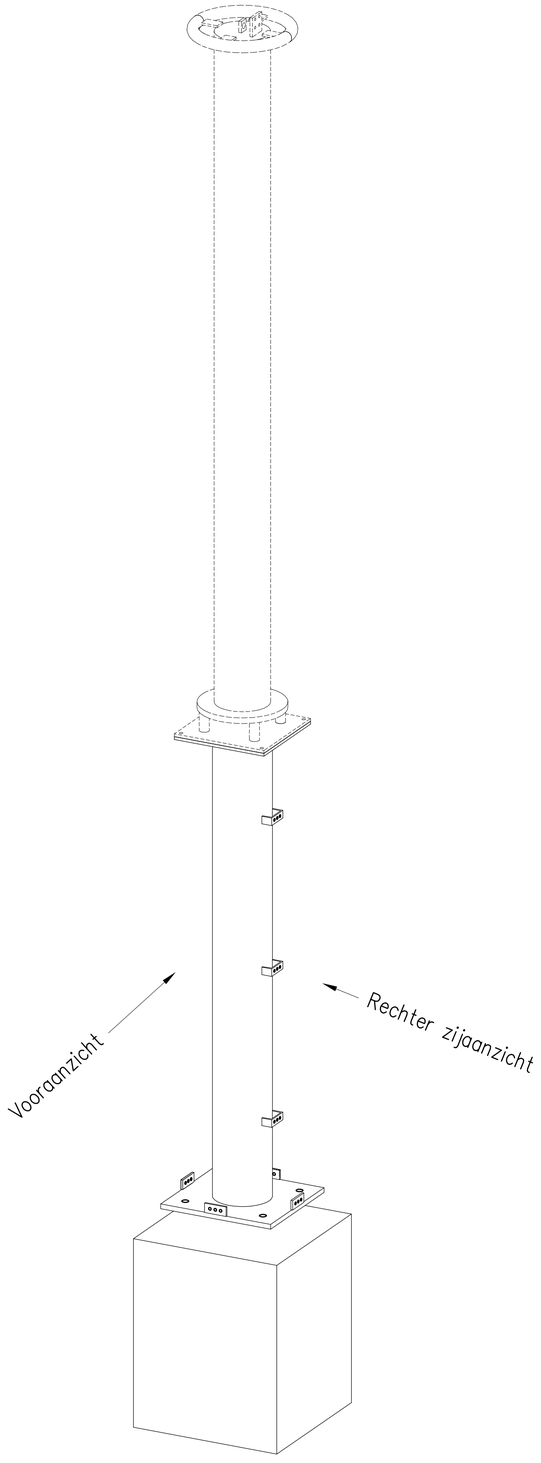
Het blijkt dat 4 ankers M30 voldoen.

Let op: De ankers dienen voorzien te zijn van gerolde draad.

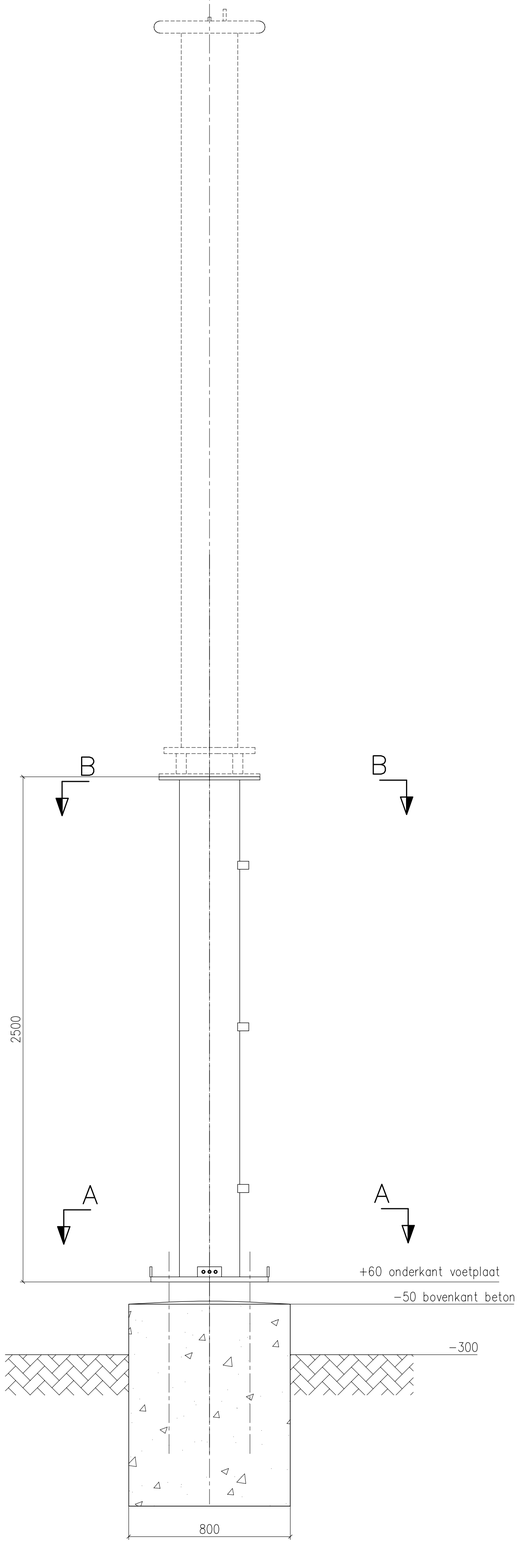
Bijlage A

Tekening ondersteuning spanningstrafo

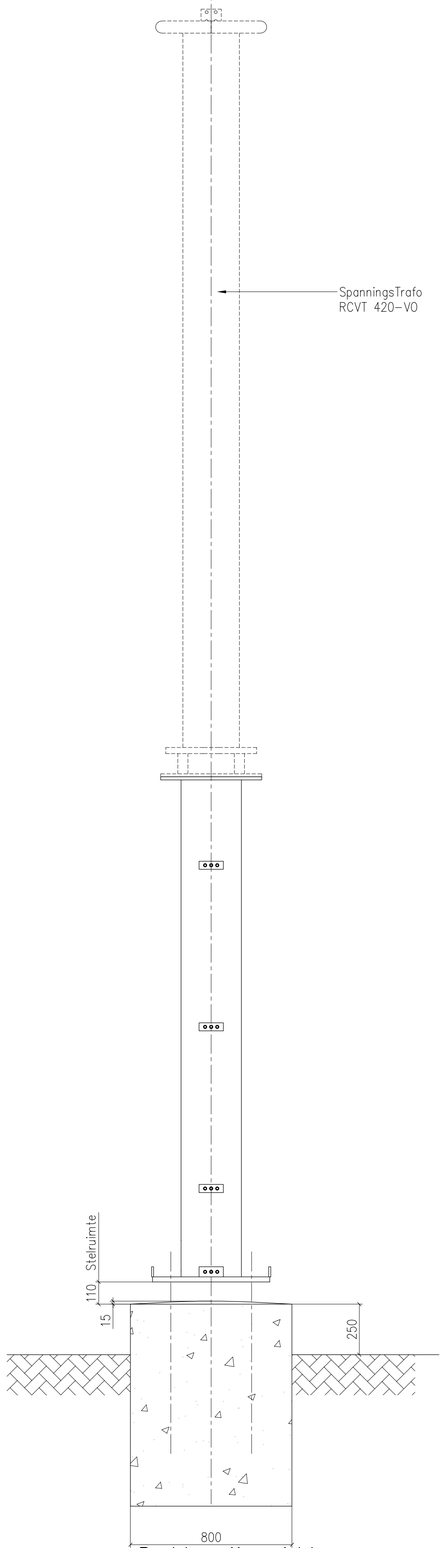
Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-



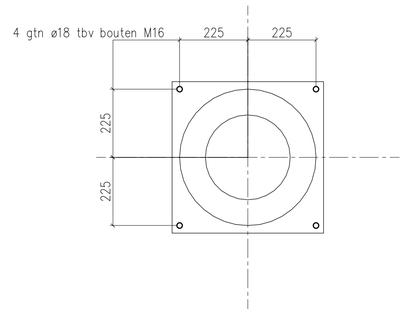
3D Overzicht



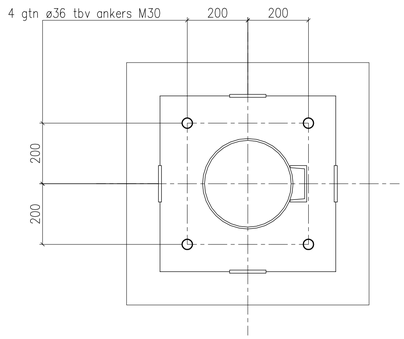
Vooraanzicht



Rechter zijaanzicht



Doorsnede B−B



Doorsnede A−A

6x uitvoeren voor OSP VZN
6x uitvoeren voor OSP VZZ

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100−OSP−133

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
B	20−10−2011	Rv/dW	Stelruimte & naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd.
A	16−06−2011	Rv/dW	Diverse aanpassingen
0	18−01−2011	AHei	First issue

PARTSLIST				DRAWING	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P.		M.		
FULL SIZE SHEETS					

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e−mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Staalconstructie spanningstrafo (ST)

CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	18−01−2011	A.Heinenberg	1:15 1:10
CHK'D	19−01−2011	R v/d Wielen	
APP.	19−01−2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060
DRWG.NO.: P10189−33
REV.: B

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.

Bijlage B

Berekening
ESA-Prima Win

Revision	0	A	B	C	D	E	F	G
Date	13-jan-11	25-okt-11	-	-	-	-	-	-
Name	J. Boogert	P. Damen	-	-	-	-	-	-
Checked	C. de Jong	C. de Jong	-	-	-	-	-	-

Project : Visser&Smit Hanab

Omschrijving: Ondersteuning Spanningstrafo

Auteur : JB

Datum: vrijdag 21 oktober 2011

Basisgegevens
Structuurtype : Raamwerk XYZ

Aantal knopen:	6
Aantal staven:	5
Aantal 1D macro's:	2
Aantal randlijnen:	0
Aantal 2D macro's:	0
Aantal profielen:	3
Aantal belastingsgev.:	6
Aantal materialen:	1

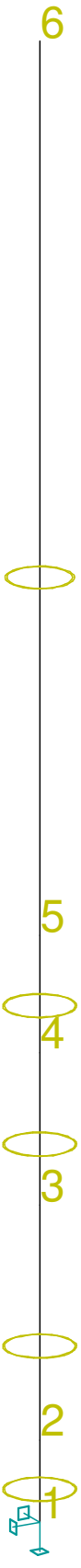
Materiaal

Naam		
S235		
	Treksterkte	360.000 MPa
	Vloeigrens	235.000 MPa
	E-modulus	210000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30
	Specifiek gewicht	7850.000 kg/m^3
	Uitzettingscoëff.	0.012 mm/m.K

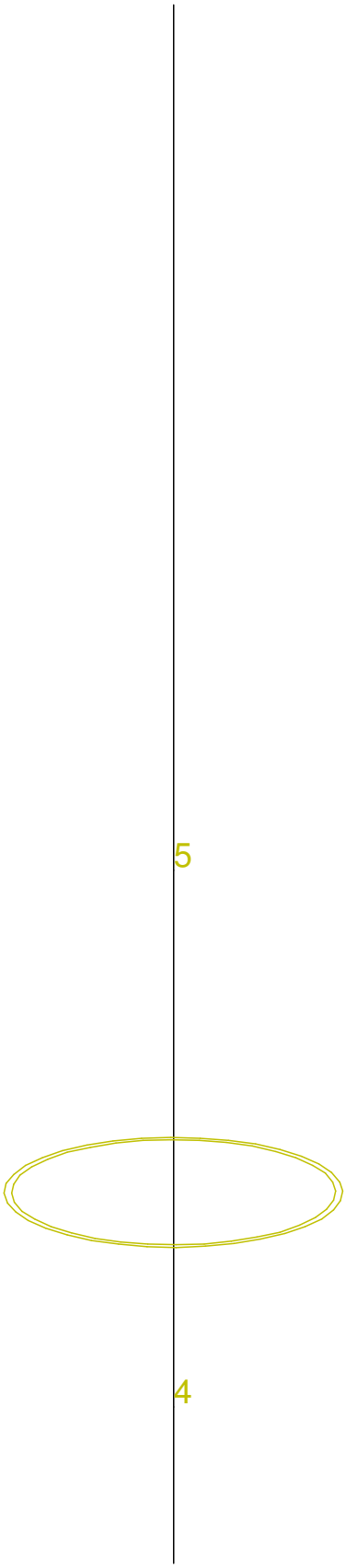
Materialenlijst
Groep staven:
1/5

nr.	Naam	Kwaliteit	Eenh. gewicht kg/m	Lengte m	Massa kg
2	Cilinder (280,8)	S235	51.06	3.81	194.52
3	B298.5/6.3	S235	44.96	2.50	112.39

Totaal gewicht van constructie: 306.91 kg
Verfoppervlakte: 5.69 m^2



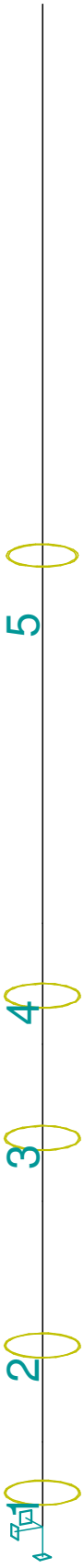
3D model; knopen (1)



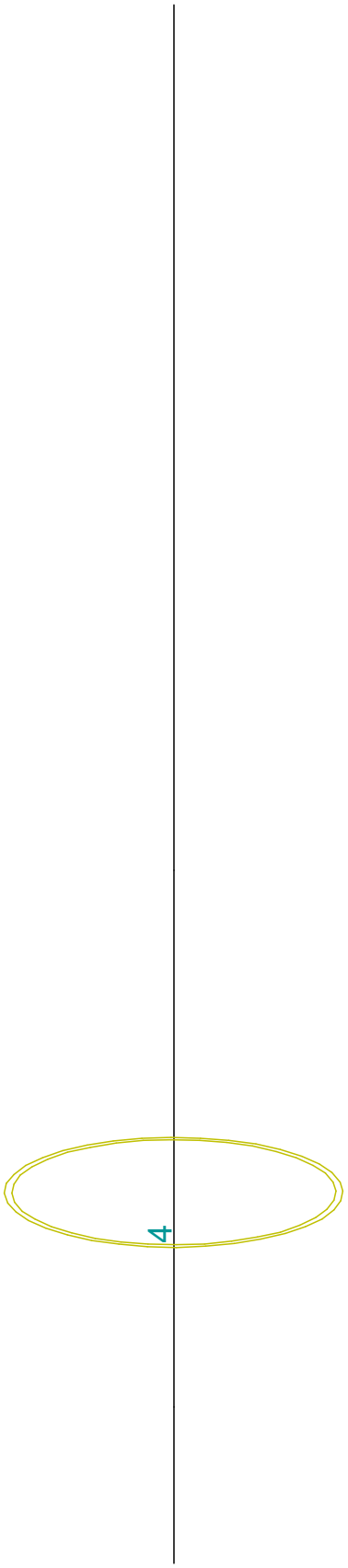
3D model; knopen (2)

Knopen

knoop	X m	Y m	Z m
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.350
3	0.000	0.000	1.350
4	0.000	0.000	2.000
5	0.000	0.000	2.500
6	0.000	0.000	6.310



3D model; staven (1)

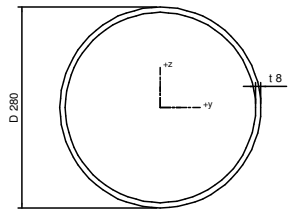


3D model; staven (2)

Staven

macro	staaf	knoop 1	knoop 2	Lengte m	Rx deg	Profiel	Kwaliteit
1	1	1	2	0.350	0.00	3 - B298.5/6.3	S235
	2	2	3	1.000	0.00	3 - B298.5/6.3	S235
	3	3	4	0.650	0.00	3 - B298.5/6.3	S235
	4	4	5	0.500	0.00	3 - B298.5/6.3	S235
2	5	5	6	3.810	0.00	2 - Cilinder (280,8)	S235

Profielen

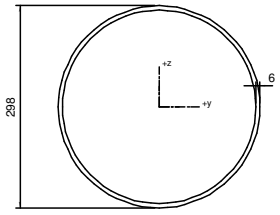


Cilinder (280,8)

Doorsnedeno. 2 - Cilinder (280,8)
Materiaal : 7 - S235

A :	6.503851e+003 mm^2		
Ay/A :	0.637	Az/A :	0.637
Iy :	6.037160e+007 mm^4	Iz :	6.037160e+007 mm^4
Iyz :	-1.070830e-005 mm^4	It :	1.206493e+008 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		
Wely :	4.301321e+005 mm^3	Welz :	4.301321e+005 mm^3
Wply :	5.629979e+005 mm^3	Wplz :	5.630061e+005 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	96.35 mm	iz :	96.35 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		878.53 mm	

Controletype: A-typische doorsnede



B298.5/6.3

Doorsnedeno. 3 - B298.5/6.3
Materiaal : 7 - S235

A :	5.727106e+003 mm^2		
Ay/A :	0.637	Az/A :	0.637
Iy :	6.055924e+007 mm^4	Iz :	6.055924e+007 mm^4
Iyz :	-1.944163e-005 mm^4	It :	1.234443e+008 mm^4
Iw :	0.000000e+000 mm^6		

A :	5.727106e+003 mm^2		
Wely :	4.057571e+005 mm^3	Welz :	4.057571e+005 mm^3
Wply :	5.301805e+005 mm^3	Wplz :	5.301805e+005 mm^3
cy :	0.00 mm	cz :	0.00 mm
iy :	102.83 mm	iz :	102.83 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Omtrek :		936.58 mm	

Controletype: Ronde holle doorsnede

Diameter	298.50 mm	Lijfdikte	6.30 mm

Steunpunten

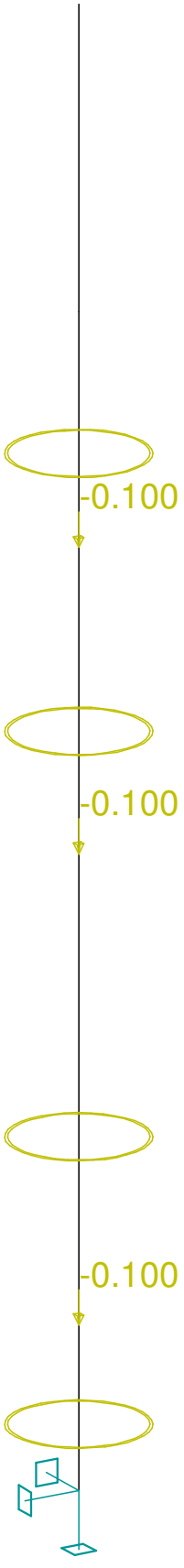
Steunpunt	knoop	type	Afmeting m
1	1	XYZRxRyRz	0.20

Belastinggevallen

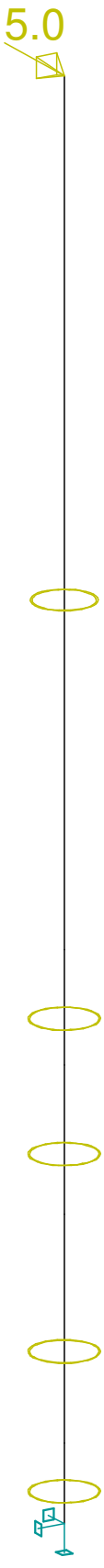
BG	Naam	Omschrijving
1	Eigengewicht staal + componenten	Eigengewicht. Richting -Z
2	Eigengewicht draadtoebehoren	Permanent - Lasten
3	Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	Variabel - OSA excl.
4	Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	Variabel - OSA excl. Korte termijn
5	Windbelasting x-richt.	Variabel - Wind excl.
6	Windbelasting y-richt.	Variabel - Wind excl.

Groep van variabele lasten

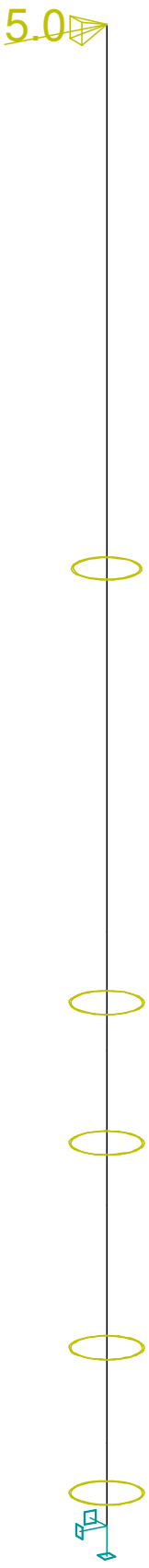
Naam		Omschrijving
OSA	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00
Wind	excl.	NEN - momentaan factor = 1.00



Knooplasten.Belastinggevallen - 2; Eigengewicht kabel + toebehoren.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht OSA in x-richt.



Knooplasten.Belastinggevallen - 3; Maximale kracht OSA in y-richt.

BG nr. 2 - knooplasten

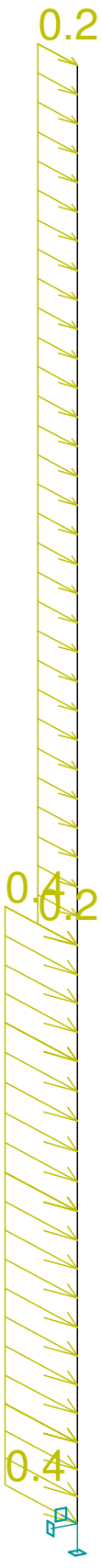
knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
2	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00

BG nr. 3 - knooplasten

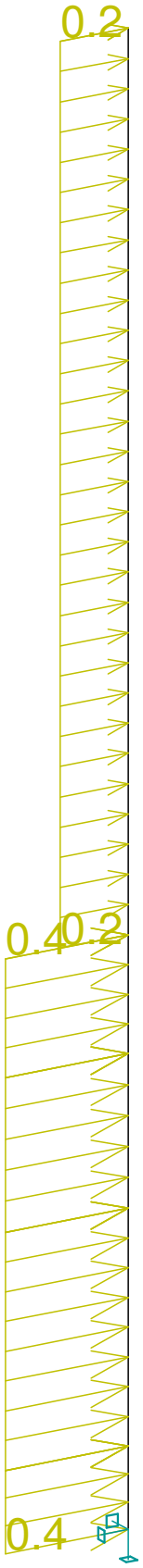
knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
6	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

BG nr. 4 - knooplasten

knoop	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
6	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 5; Windbelasting in x-richt.



Gelijkmatig verdeelde last.Belastinggevallen - 6; Windbelasting in y-richt.

BG nr. 5 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.38 0.38	0.00 0.00	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.21 0.21	0.00 0.00	0.00 0.00

BG nr. 6 - verdeelde lasten

macro	type	dx m	exY m	exZ m		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
1	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.38 0.38	0.00 0.00
2	Kracht kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	glo len	0.00 0.00	0.21 0.21	0.00 0.00

Combinaties

Combi	Norm	BG	coëff
1.	Lineair- UGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.35
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.35
2.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
3.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
4.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
5.		1 Eigengewicht staal + componenten	0.90
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	0.90
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
6.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	1.50
7.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		5 Windbelasting x-richt.	-1.50
8.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	1.50
9.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.20
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.20
		6 Windbelasting y-richt.	-1.50
10.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
11.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
12.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
13.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
14.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
15.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
16.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
17.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
18.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
19.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
20.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
21.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
22.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
23.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
24.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
25.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
26.	Lineair- GGT	1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
27.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
28.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
29.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
30.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
31.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
32.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
33.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
34.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
35.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
36.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
37.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
38.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
39.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00

Combi	Norm	BG	coëff
40.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
41.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	1.00
42.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		5 Windbelasting x-richt.	-1.00
43.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
44.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00
45.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	1.00
46.		1 Eigengewicht staal + componenten	1.00
		2 Eigengewicht draadtoebehoren	1.00
		4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.	-1.00
		6 Windbelasting y-richt.	-1.00

Regels voor het genereren van uiterste combinaties:
1 : 1.35*BG1 / 1.35*BG2
2 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG5
3 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG5
4 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / 1.50*BG6
5 : 0.90*BG1 / 0.90*BG2 / -1.50*BG6
6 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG5
7 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG5
8 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / 1.50*BG6
9 : 1.20*BG1 / 1.20*BG2 / -1.50*BG6
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
22 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
23 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
24 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
25 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Regels voor het genereren van gebruiks combinaties:
1 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2
2 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG5
3 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG5

4 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG6
5 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG6
6 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG5
7 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG5
8 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG5
9 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG5
10 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / 1.00*BG6
11 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG3 / -1.00*BG6
12 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / 1.00*BG6
13 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG3 / -1.00*BG6
14 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG5
15 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG5
16 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG5
17 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG5
18 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / 1.00*BG6
19 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / 1.00*BG4 / -1.00*BG6
20 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / 1.00*BG6
21 : 1.00*BG1 / 1.00*BG2 / -1.00*BG4 / -1.00*BG6

Lijst van alle UGT combinaties
1/ 1 : +1.35*BG1+1.35*BG2
2/ 2 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG5
3/ 3 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG5
4/ 4 : +0.90*BG1+0.90*BG2+1.50*BG6
5/ 5 : +0.90*BG1+0.90*BG2-1.50*BG6
6/ 6 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG5
7/ 7 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG5
8/ 8 : +1.20*BG1+1.20*BG2+1.50*BG6
9/ 9 : +1.20*BG1+1.20*BG2-1.50*BG6
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
22/ 22 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
23/ 23 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
24/ 24 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
25/ 25 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Lijst van alle GGT combinaties
1/ 1 : +1.00*BG1+1.00*BG2
2/ 2 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG5
3/ 3 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG5
4/ 4 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG6
5/ 5 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG6
6/ 6 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG5
7/ 7 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG5
8/ 8 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG5
9/ 9 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG5
10/ 10 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3+1.00*BG6
11/ 11 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG3-1.00*BG6
12/ 12 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3+1.00*BG6
13/ 13 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG3-1.00*BG6
14/ 14 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG5
15/ 15 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG5
16/ 16 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG5
17/ 17 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG5
18/ 18 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4+1.00*BG6
19/ 19 : +1.00*BG1+1.00*BG2+1.00*BG4-1.00*BG6
20/ 20 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4+1.00*BG6
21/ 21 : +1.00*BG1+1.00*BG2-1.00*BG4-1.00*BG6

Kniklengte

staaf	k yz	k ltb	swayY	swayZ	positie last	k1	kg
1	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
2	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
3	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0
4	1.00	1.00	1	1	middelpunt	1.0	1.0

Verslag berekening.

Lineaire berekening

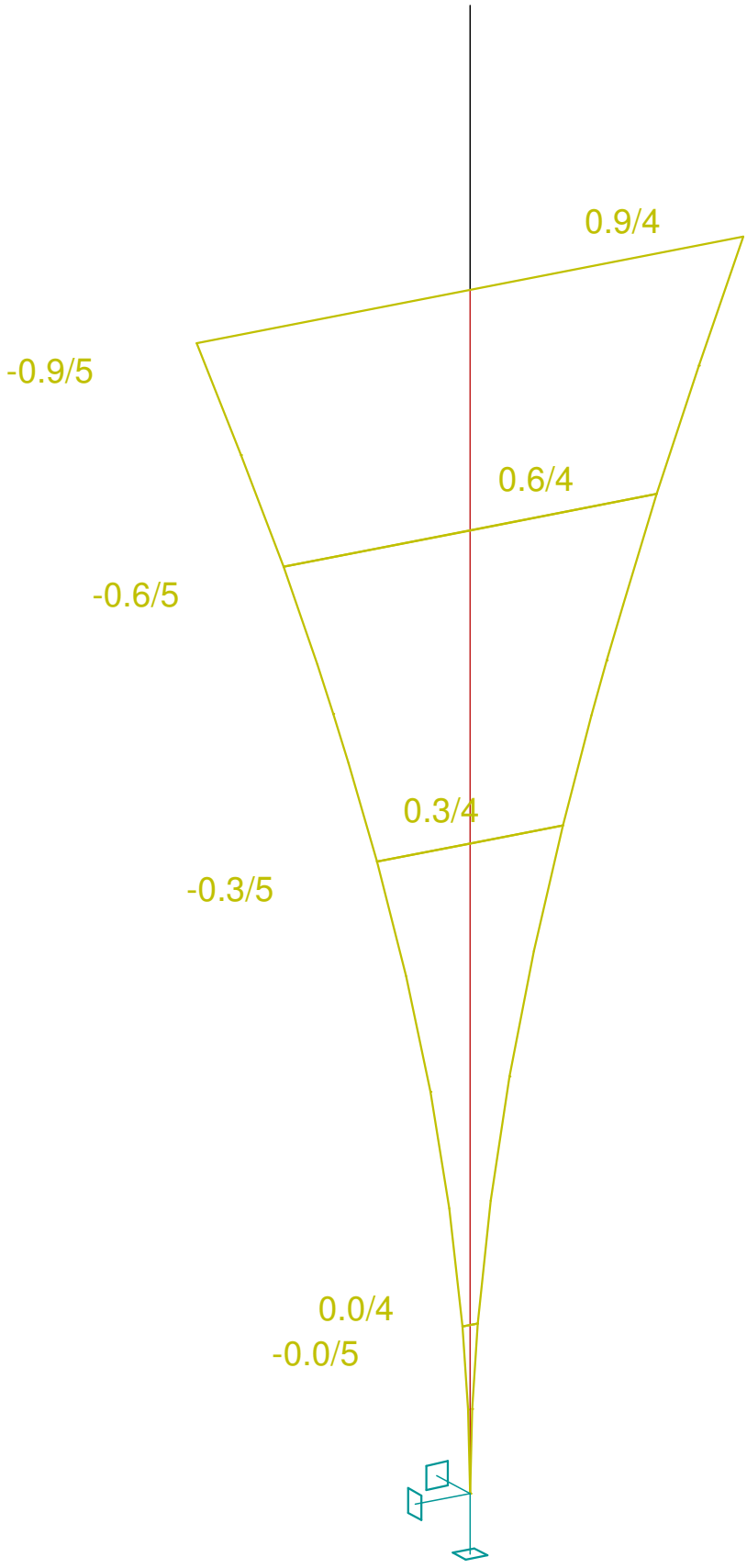
Aantal 2D elementen Aantal 1D elementen Aantal netknopen Aantal vergelijkingen	0 5 6 36
Belastinggevallen	BG 1 Eigengewicht staal + componenten
	BG 2 Eigengewicht draadtoebehoren
	BG 3 Maximale kracht Spanningstrafo x-richt.
	BG 4 Maximale kracht Spanningstrafo y-richt.
	BG 5 Windbelasting x-richt.
	BG 6 Windbelasting y-richt.
Start berekening	19.01.2011 15:25
Einde berekening	19.01.2011 15:25

Som van lasten en reacties.

		X	Y	Z
belastinggeval 1	last	0.0	0.0	-3.1
	knoopreacties	0.0	0.0	3.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 2	last	0.0	0.0	-0.3
	knoopreacties	0.0	0.0	0.3
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 3	last	5.0	0.0	0.0
	knoopreacties	-5.0	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

		X	Y	Z
belastinggeval 4	last	0.0	5.0	0.0
	knoopreacties	0.0	-5.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 5	last	1.8	0.0	0.0
	knoopreacties	-1.8	0.0	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval 6	last	0.0	1.8	0.0
	knoopreacties	0.0	-1.8	0.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

Vervorming - uz in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in x-richt.



Vervorming - uy in staven. GGT combi : 1/21; Maximale verplaatsing in y-richt.

NEN 6770/6771. Staaf 1/4,8/9. UGT alle

NEN Controle 6770/6771

Macro	Staaf	Profiel	Positie m	UGT combi	spann. contr.	stab. contr.
1	1	B298.5/6.3	0.00	10	0.29	0.29
	2				0.27	0.27
	3				0.22	0.22
	4				0.19	0.19

Verbindingskracht in knopen (alles), UGT. comb (alles). Belasting vanuit ondersteuning op poer.

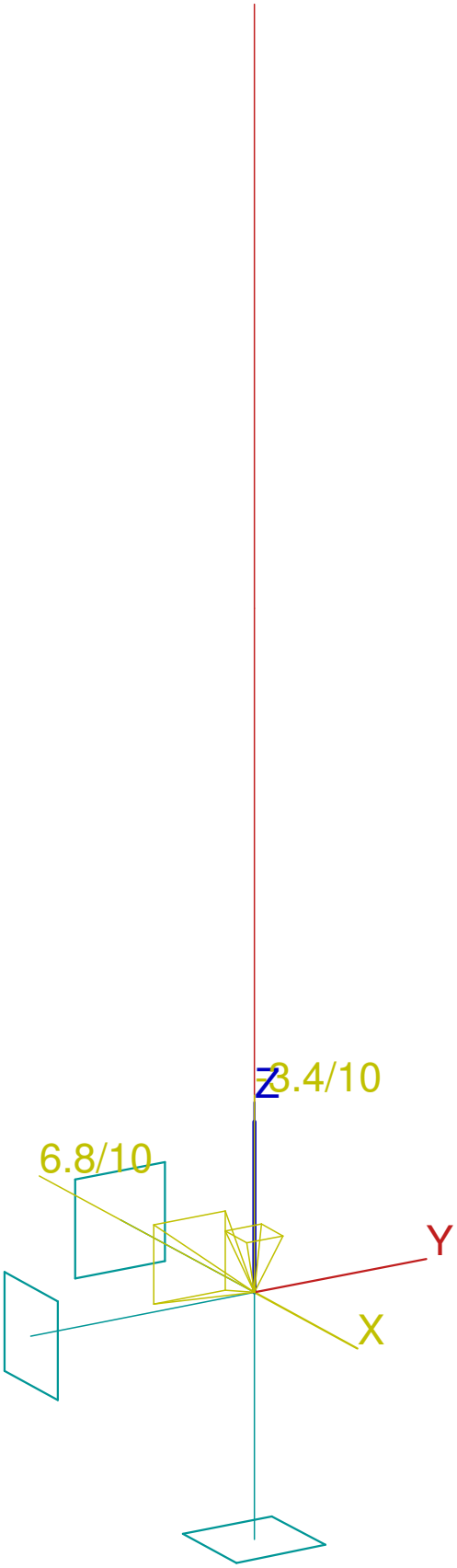
Groep van UGT combi:1/25

1 -

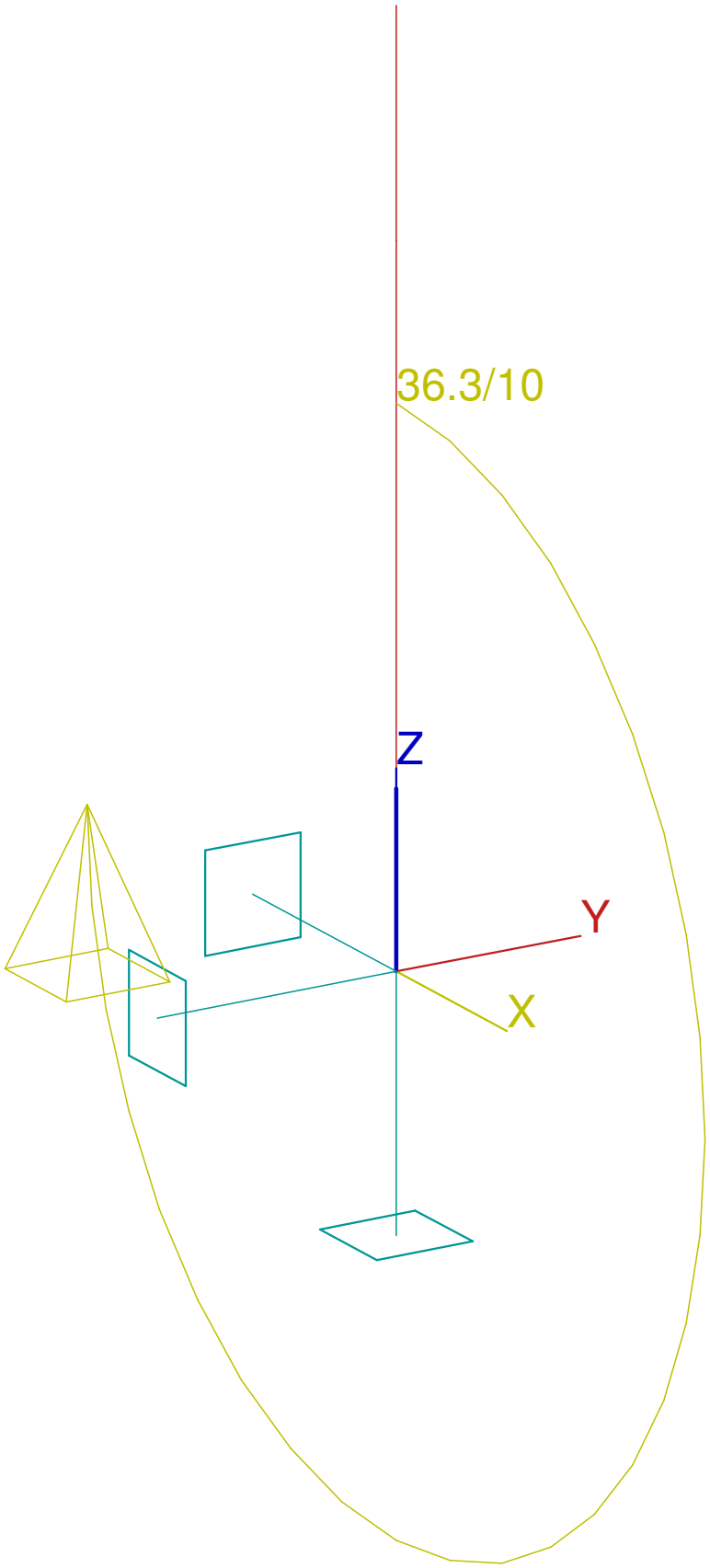
Knoop - 1. Positie van assenstelsel van de verbinding gerelateerd tot knoop : : x : 0.00 m,y : 0.00 m,z : 0.00 m

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	0.0	0.0	-4.5	0.0	0.0	0.0
	resultante :	0.0	0.0	-4.5	0.0	0.0	0.0
2	1	2.6	0.0	-3.0	0.0	7.1	0.0
	resultante :	2.6	0.0	-3.0	0.0	7.1	0.0
3	1	-2.6	0.0	-3.0	0.0	-7.1	0.0
	resultante :	-2.6	0.0	-3.0	0.0	-7.1	0.0
4	1	0.0	2.6	-3.0	-7.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	2.6	-3.0	-7.1	0.0	0.0
5	1	0.0	-2.6	-3.0	7.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-2.6	-3.0	7.1	0.0	0.0
6	1	2.6	0.0	-4.0	0.0	7.1	0.0
	resultante :	2.6	0.0	-4.0	0.0	7.1	0.0
7	1	-2.6	0.0	-4.0	0.0	-7.1	0.0
	resultante :	-2.6	0.0	-4.0	0.0	-7.1	0.0
8	1	0.0	2.6	-4.0	-7.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	2.6	-4.0	-7.1	0.0	0.0
9	1	0.0	-2.6	-4.0	7.1	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-2.6	-4.0	7.1	0.0	0.0
10	1	6.8	0.0	-3.4	0.0	36.3	0.0
	resultante :	6.8	0.0	-3.4	0.0	36.3	0.0
11	1	3.2	0.0	-3.4	0.0	26.8	0.0
	resultante :	3.2	0.0	-3.4	0.0	26.8	0.0
12	1	-3.2	0.0	-3.4	0.0	-26.8	0.0
	resultante :	-3.2	0.0	-3.4	0.0	-26.8	0.0
13	1	-6.8	0.0	-3.4	0.0	-36.3	0.0
	resultante :	-6.8	0.0	-3.4	0.0	-36.3	0.0
14	1	5.0	1.8	-3.4	-4.7	31.6	0.0
	resultante :	5.0	1.8	-3.4	-4.7	31.6	0.0
15	1	5.0	-1.8	-3.4	4.7	31.6	0.0
	resultante :	5.0	-1.8	-3.4	4.7	31.6	0.0
16	1	-5.0	1.8	-3.4	-4.7	-31.6	0.0
	resultante :	-5.0	1.8	-3.4	-4.7	-31.6	0.0
17	1	-5.0	-1.8	-3.4	4.7	-31.6	0.0
	resultante :	-5.0	-1.8	-3.4	4.7	-31.6	0.0
18	1	1.8	5.0	-3.4	-31.6	4.7	0.0
	resultante :	1.8	5.0	-3.4	-31.6	4.7	0.0
19	1	-1.8	5.0	-3.4	-31.6	-4.7	0.0
	resultante :	-1.8	5.0	-3.4	-31.6	-4.7	0.0
20	1	1.8	-5.0	-3.4	31.6	4.7	0.0
	resultante :	1.8	-5.0	-3.4	31.6	4.7	0.0
21	1	-1.8	-5.0	-3.4	31.6	-4.7	0.0
	resultante :	-1.8	-5.0	-3.4	31.6	-4.7	0.0
22	1	0.0	6.8	-3.4	-36.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	6.8	-3.4	-36.3	0.0	0.0
23	1	0.0	3.2	-3.4	-26.8	0.0	0.0
	resultante :	0.0	3.2	-3.4	-26.8	0.0	0.0
24	1	0.0	-3.2	-3.4	26.8	0.0	0.0

combi	staaf	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
	resultante :	0.0	-3.2	-3.4	26.8	0.0	0.0
25	1	0.0	-6.8	-3.4	36.3	0.0	0.0
	resultante :	0.0	-6.8	-3.4	36.3	0.0	0.0



in knopen. UGT combi : 10; Krachten vanuit ondersteuning op poer.



in knopen. UGT combi : 10; Momenten vanuit ondersteuning op poer.

Reacties in steunpunten - waardes in knopen. Globale extremen

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van knopen:1/6
Groep van UGT combi:1/25

Steunpunt	knoop	combi	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	13	**6.8**	0.0	3.4	0.0	**36.3**	0.0
		10	**-6.8**	0.0	3.4	0.0	**-36.3**	0.0
		25	0.0	**6.8**	3.4	**-36.3**	0.0	0.0
		22	0.0	**-6.8**	3.4	**36.3**	0.0	0.0
		1	0.0	0.0	**4.5**	0.0	0.0	0.0
		2	-2.6	0.0	**3.0**	0.0	-7.1	0.0

Vervormingen van staven.

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van staven:1/5
Groep van belastinggevallen:5, Windbelasting x-richt.

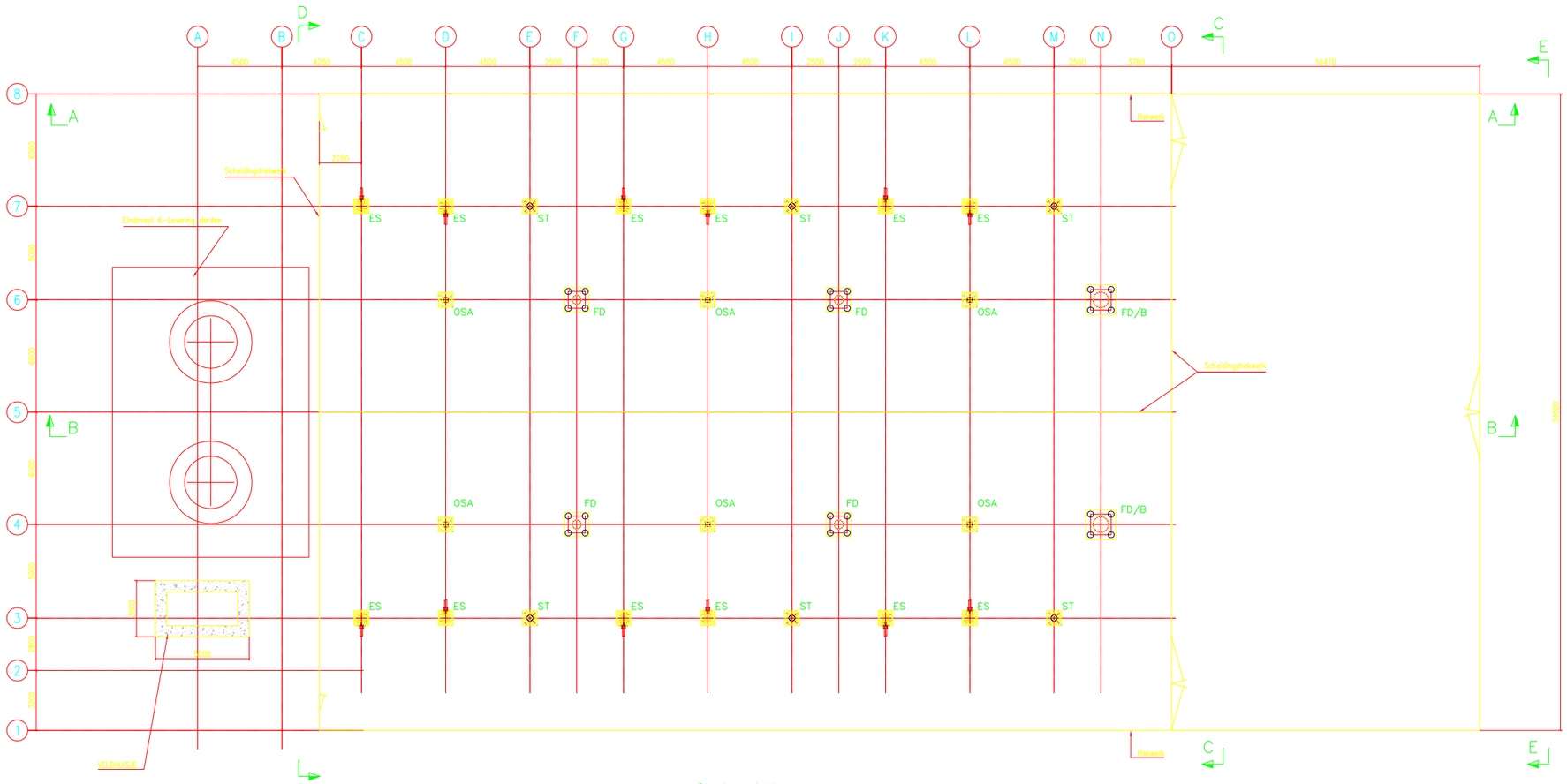
staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
1	3	0.000	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
		0.175	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
			5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
		0.350	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
2		0.000	5	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0
		0.250	5	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.0
		0.500	5	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.3	0.0
			5	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.3	0.0
		0.750	5	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.3	0.0
		1.000	5	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.4	0.0
3		0.000	5	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.4	0.0
		0.217	5	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.4	0.0
		0.325	5	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.5	0.0
			5	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.5	0.0
		0.433	5	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.5	0.0
		0.650	5	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.5	0.0
4		0.000	5	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.5	0.0
		0.250	5	0.0	0.0	-0.7	0.0	0.5	0.0
			5	0.0	0.0	-0.7	0.0	0.5	0.0
		0.500	5	0.0	0.0	-0.9	0.0	0.6	0.0
5	2	0.000	5	0.0	0.0	-0.9	0.0	0.6	0.0
		0.212	5	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.6	0.0
		0.423	5	0.0	0.0	-1.1	0.0	0.6	0.0
		0.635	5	0.0	0.0	-1.2	0.0	0.6	0.0
		0.847	5	0.0	0.0	-1.4	0.0	0.7	0.0
		1.058	5	0.0	0.0	-1.5	0.0	0.7	0.0
		1.270	5	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.7	0.0
		1.482	5	0.0	0.0	-1.8	0.0	0.7	0.0
		1.693	5	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.7	0.0
		1.905	5	0.0	0.0	-2.1	0.0	0.7	0.0
			5	0.0	0.0	-2.1	0.0	0.7	0.0
		2.117	5	0.0	0.0	-2.3	0.0	0.7	0.0
		2.328	5	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.7	0.0
		2.540	5	0.0	0.0	-2.6	0.0	0.7	0.0
		2.752	5	0.0	0.0	-2.7	0.0	0.7	0.0
		2.963	5	0.0	0.0	-2.9	0.0	0.7	0.0

staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
		3.175	5	0.0	0.0	-3.0	0.0	0.7	0.0
		3.387	5	0.0	0.0	-3.2	0.0	0.7	0.0
		3.598	5	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.7	0.0
		3.810	5	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.7	0.0

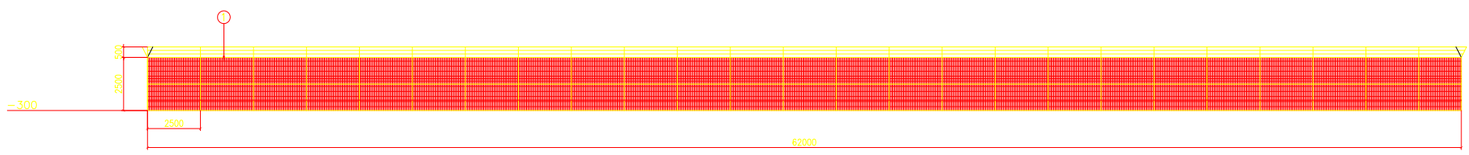
Vervormingen van staven.

Lineair statisch - extreme van alle combinaties
Groep van staven:1/5
Groep van belastinggevallen:6, Windbelasting y-richt.

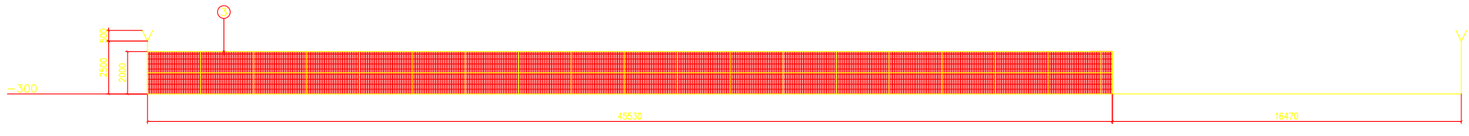
staaf	doorsn.	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
1	3	0.000	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.175	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
			6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		0.350	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2		0.000	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		0.250	6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
		0.500	6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
			6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
		0.750	6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3
		1.000	6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4
3		0.000	6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4
		0.217	6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4
		0.325	6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5
			6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.433	6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.650	6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.5
4		0.000	6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.250	6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5
			6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5
		0.500	6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6
5	2	0.000	6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6
		0.212	6	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6
		0.423	6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6
		0.635	6	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.6
		0.847	6	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.058	6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.270	6	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.482	6	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.693	6	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.7
		1.905	6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.7
			6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.7
		2.117	6	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.7
		2.328	6	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.7
		2.540	6	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.7
		2.752	6	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.7
		2.963	6	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.7
		3.175	6	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.7
		3.387	6	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.7
		3.598	6	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.7
		3.810	6	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.7



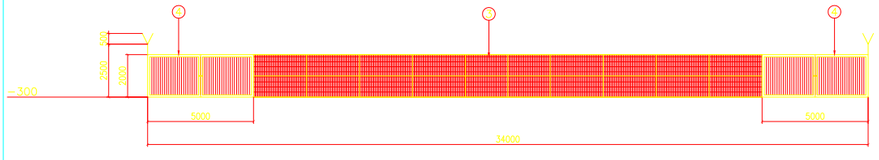
Staaloverzicht
Schaal 1:100



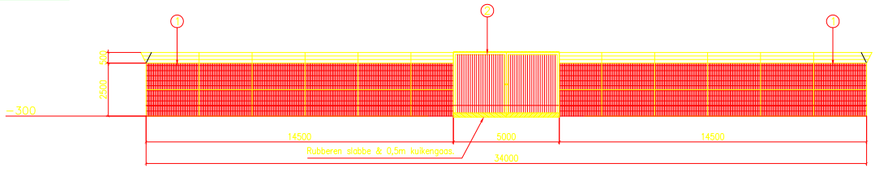
Aanzicht A–A



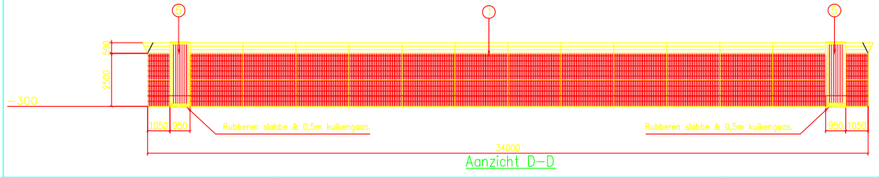
Doorsnede B–B



Aanzicht C–C



Aanzicht E–E



Aanzicht D–D

Oriëntatie verlichting (10 lux)
positionering n.t.b.

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting
ST = Spanningstrafo
OSA= Overspanningsafleider
FD = Fasedraad afspanning
FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

SPECIFICATIE HEKWERK

1 Hekwerk type ST 3000 met vast opgelaste Y kop t.b.v. puntdraden.(Alura)
- Totale hoogte ca. 3,00 meter.
- Staalmat 3,02 meter hoog waarvan, 50 centimeter ingegraven wordt.
- Maaswijdte 50x200mm horizontale draden 8mm dubbel, verticaal 6mm.
- Elke maas volledig gelast.
- Elke stijander van koker 70x50mm heeft een lip met gat Ø12mm t.b.v. aarding.
- Matten worden bevestigd met U-lijst welke de stijander afdekt.
- Tussen de stijanders komt een betonplank van 200x50mm.
- De 1e meter staalmat wordt voorzien van kuikengaas met een maaswijdte van 15x15mm.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

2 Dubbel draaihek type KS 5330 (Alura)
- Totale hoogte 3,00 meter.
- Dagmaat ca. 4,93 meter.
- Hoogspanningsisolkast.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.
- Bovenzijde voorzien van scherpe punten.
- Onderzijde voorzien van rubberen slabbe en 0,5m kuikengaas.

3 Hekwerk type ST 2000 (Alura)
- Totale hoogte ca. 2,00 meter.
- Tussenpalen 50x50mm
- Bevestiging met U-lijst.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

4 Dubbel draaihek type KS 5320 (Alura)
- Totale hoogte 2,00 meter.
- Dagmaat ca. 4,93 meter.
- Hoogspanningsisolkast.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

5 Enkel draaihek type KS 1230 (Alura)
- Totale hoogte 3,00 meter.
- Dagmaat ca. 0,92 meter.
- Vluchtweg uitvoering.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.
- Bovenzijde voorzien van scherpe punten.
- Onderzijde voorzien van rubberen slabbe en 0,5m kuikengaas.

6 Enkel draaihek type KS 1220 (Alura)
- Totale hoogte 2,00 meter.
- Dagmaat ca. 0,92 meter.
- Vluchtweg uitvoering.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

Voor aanzichten as 3/7 en as 4/6 zie tekening P10189-12

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–111

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
E	26-06-2013	WD	Hekwerk rond veldhuisje en mast verwijderd.
D	23-04-2013	Rv/GR	Veldhuisje verplaatst en aangepast en hekwerk rond veldhuisje en mast aangepast.
C	16-11-2011	Rv/GR	Specificatie hekwerk en aanduiden D.O.D. & F.O.C. aansluiting.
B	20-10-2011	Rv/GR	Specificatie hekwerk & nummeraanduiding oostijspunt gewijzigd.
A	14-06-2011	Rv/GR	Loop poorten zijde veldhuisje toegevoegd + fundaties FD en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First issue.

PARTSLIST | DRAWING | DRAWING TITLE
STORELIST | W.P. | M.
FULL SIZE SHEETS

D&C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Stadlindustrieweg 36, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6918222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:
Staaloverzicht + hekwerk – Locatie OSP VZZ

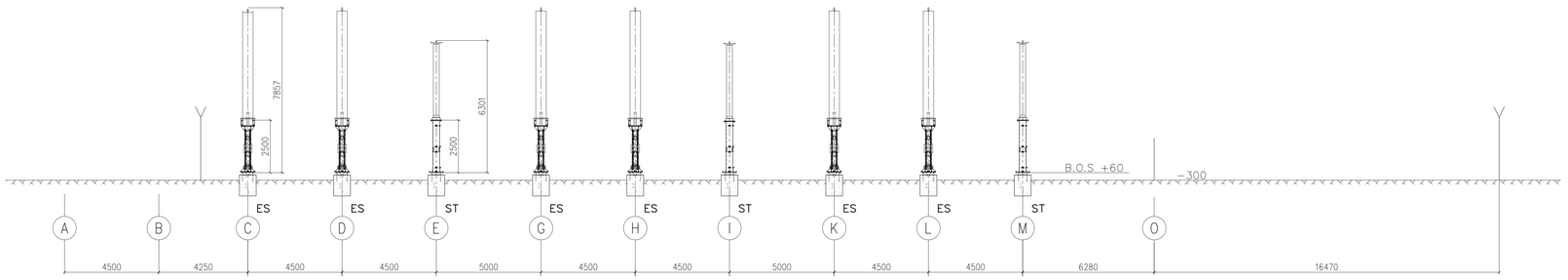
CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:10 / 1:100
CHK'D	15-01-2011	R. v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P. v Leeuwen	

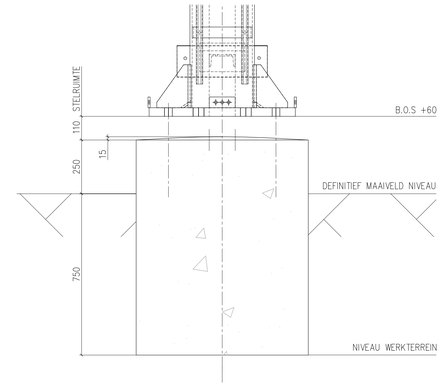
PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

DOSSIER: 10.060 | DRAWING: P10189–11 | REV.: E

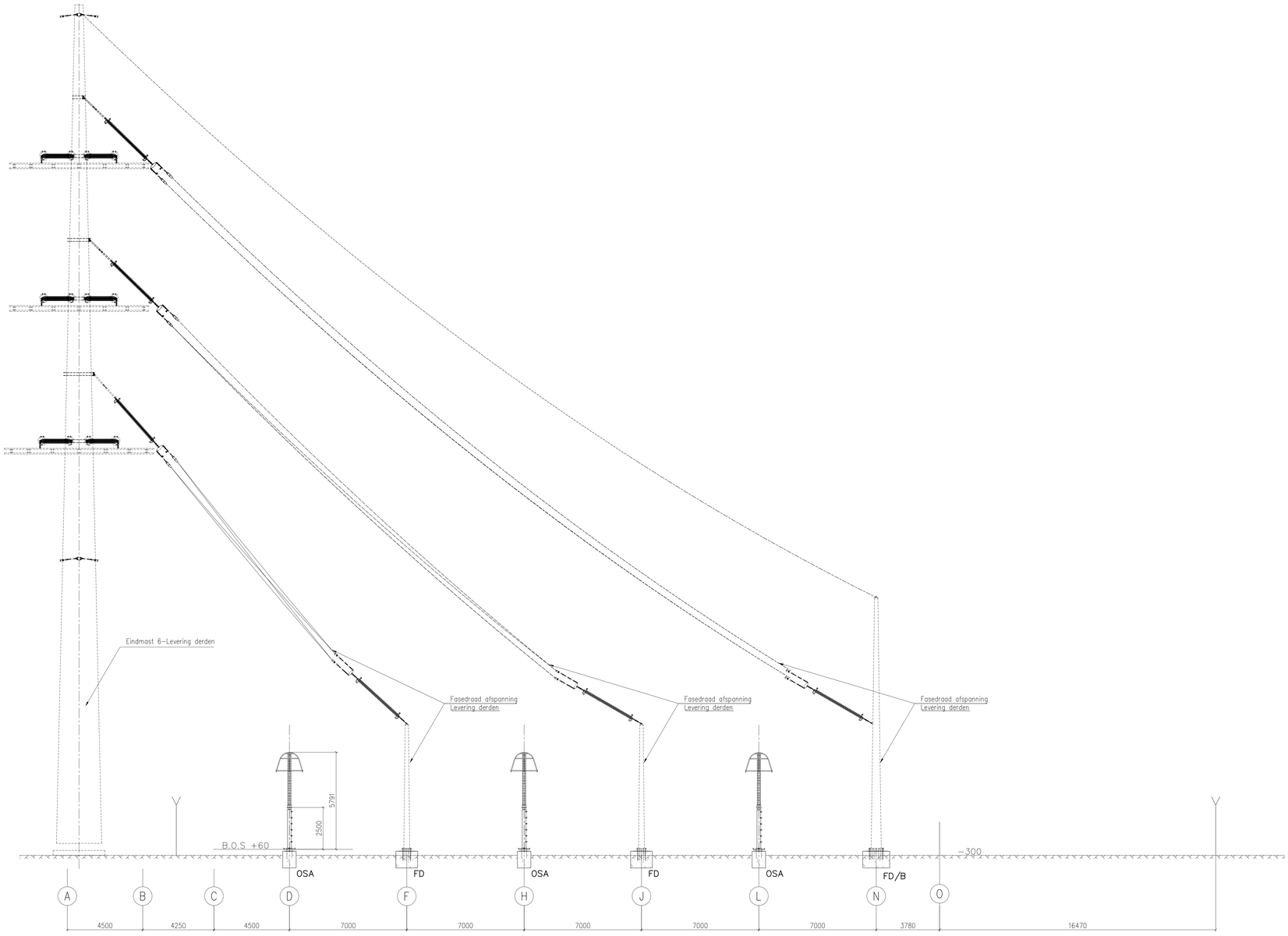
All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



AS 3 & AS 7



TYPICAL DETAIL



AS 4 & AS 6

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

Voor overzicht zie tekening P10189-11

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-112

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
B	20-10-2011	Rv/dW	Steluimte & naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd.
A	14-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First issue

PARTSLIST | STORELIST | W.P. | M. | FULL SIZE SHEETS | DRAWING | DRAWING TITLE

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6913222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Aanzichten staal – Locatie OSP VZZ

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

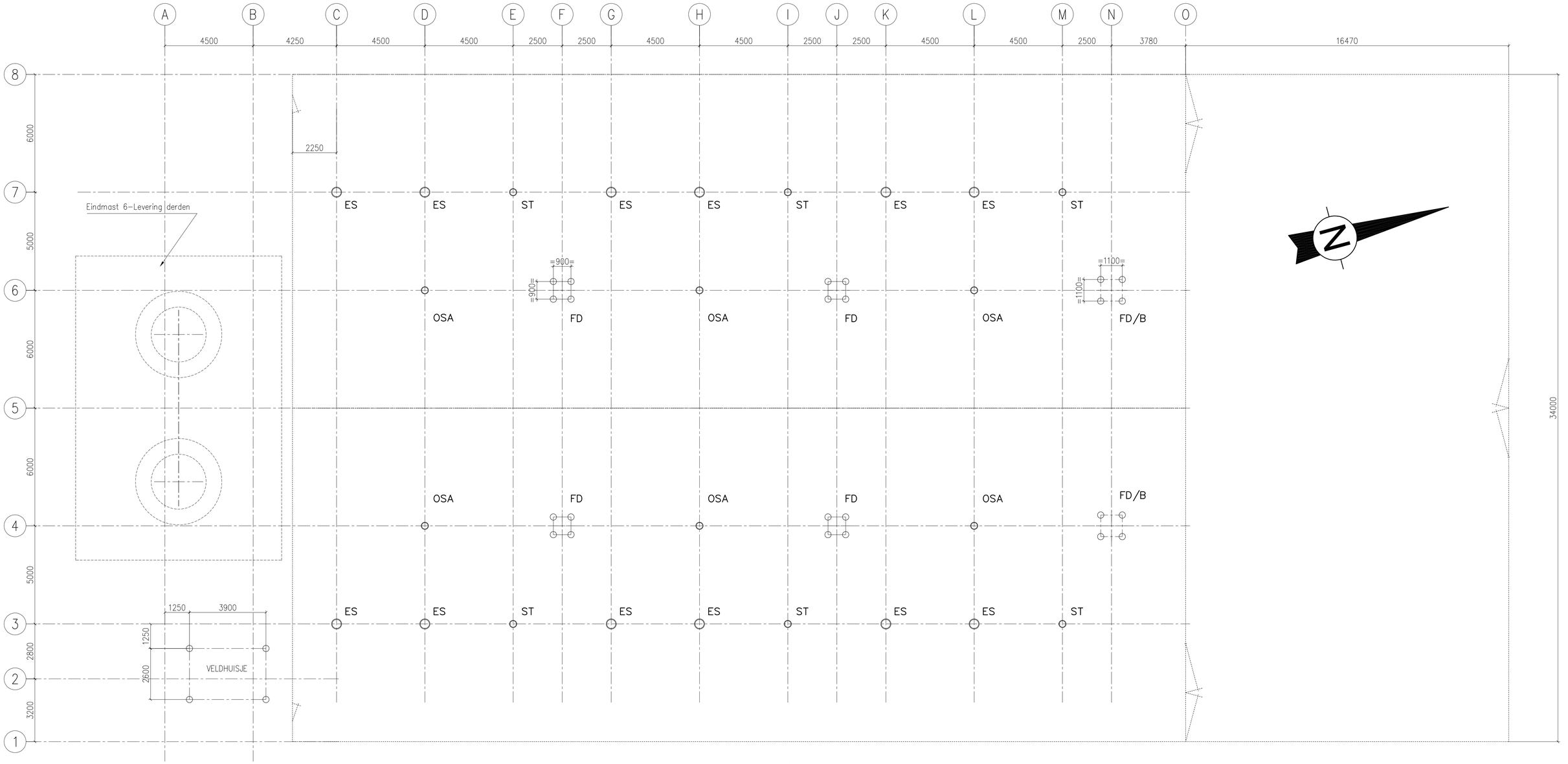
PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060 | DWG NO.: P10189-12 | REV.: B

All rights reserved. Unauthorised disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



PALENPLAN
Schaal 1:100

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-113

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
C	16-11-2011	Rv/dW	Draairichting hoofdpoort gewijzigd.
B	20-10-2011	Rv/dW	Naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd.
A	14-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First Issue

PARTSLIST				DRAWING	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P.		M.		
FULL SIZE SHEETS					

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:
Palenplan - Locatie OSP VZZ

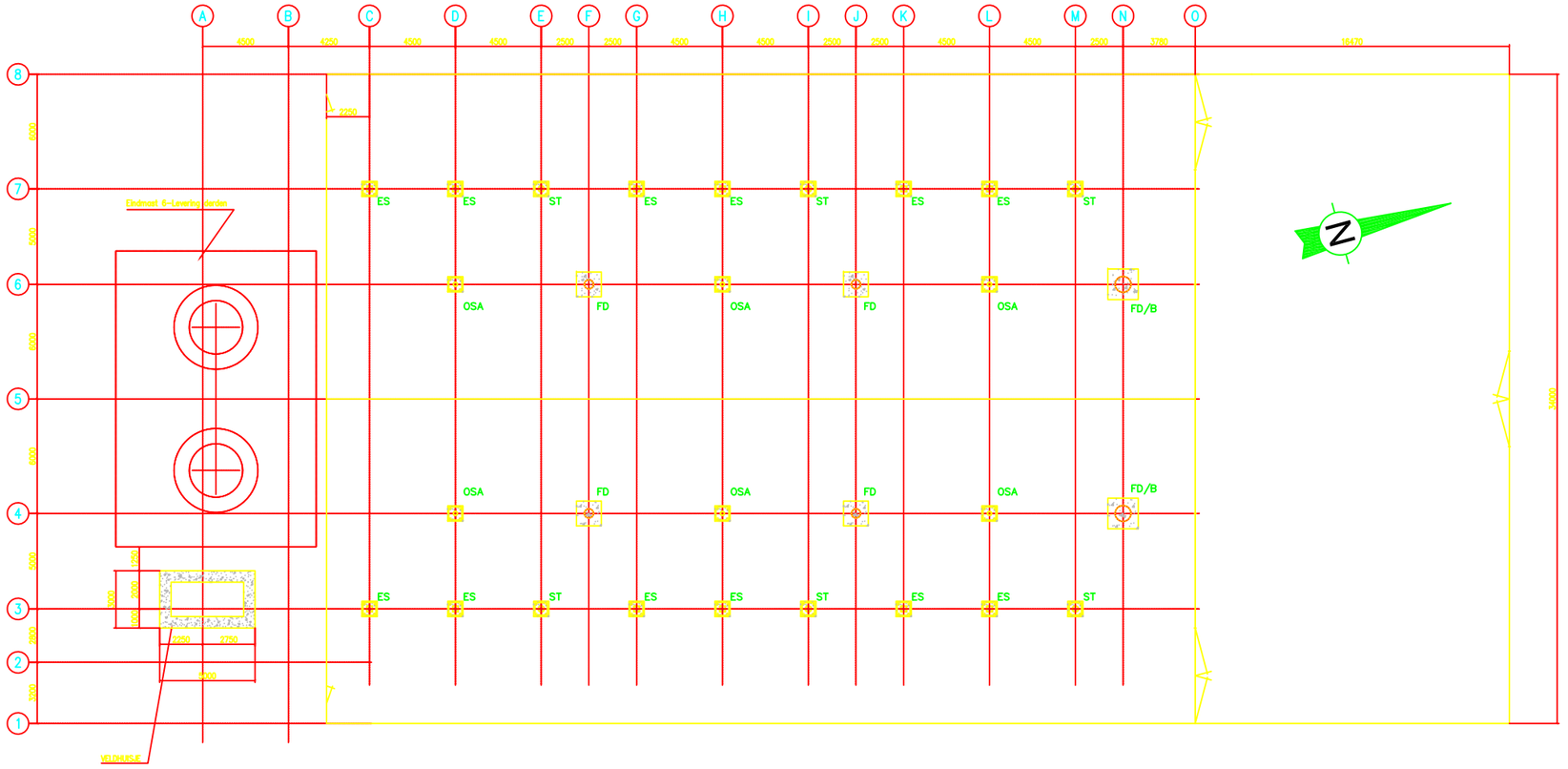
CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

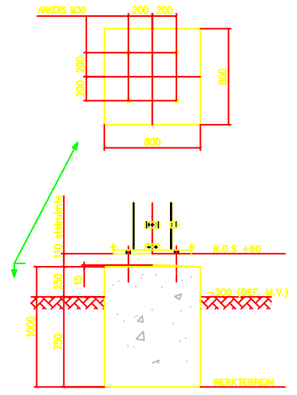
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:20 / 1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060
DRWG.NO.: P10189-13
REV.: C

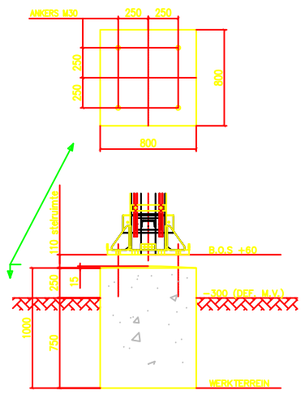
All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



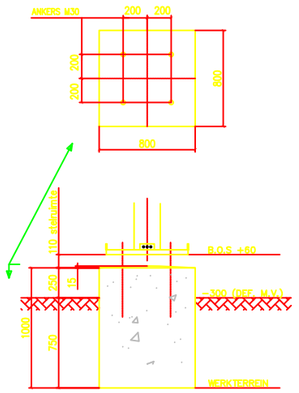
ANKERPLAN (1:150)



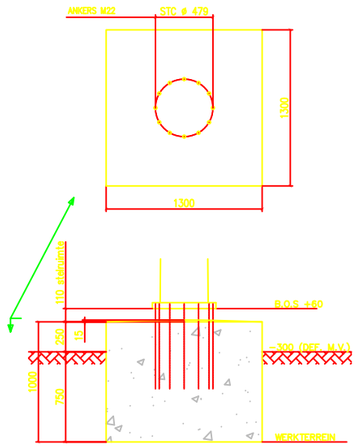
Detail fundatie Spanningstrafo (ST)



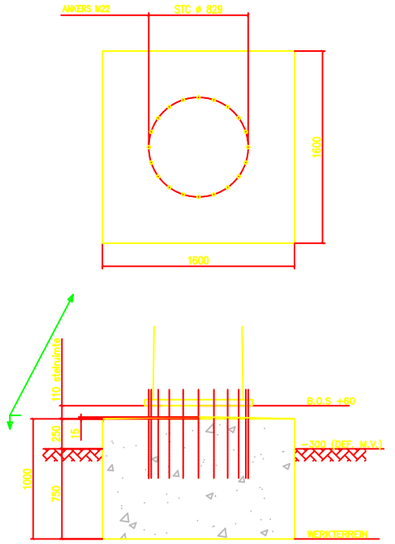
Detail fundatie Eindsluiting (ES)



Detail fundatie Overspanningsafleider (OSA)



Detail fundatie Afspanning fasedraad (FD)



Detail fundatie Afspanning fasedraad/ Bliksemdraad (FD/B)

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-114

REV.	DATE	SIGN	DESCRIPTION
E	08-08-2013	WWD	Hekwerk rond veldhuisje en mast verwijderd
D	23-04-2013	Rv/dW	Veldhuisje aangepast en verplaatst en hekwerk rond veldhuisje en mast geplaatst.
C	16-11-2011	Rv/dW	Anker diameters FD, FD/B & ST aangepast + draairichting hoofdpoort
B	20-10-2011	Rv/dW	Steirumte & naamsaandulding opstijpunt gewijzigd.
A	14-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD- en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First issue

PARTSLIST | DRAWING | DRAWING TITLE

STORELIST | W.P. | M.

FULL SIZE SHEETS:

D&C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Ankerplan - Locatie OSP VZZ

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

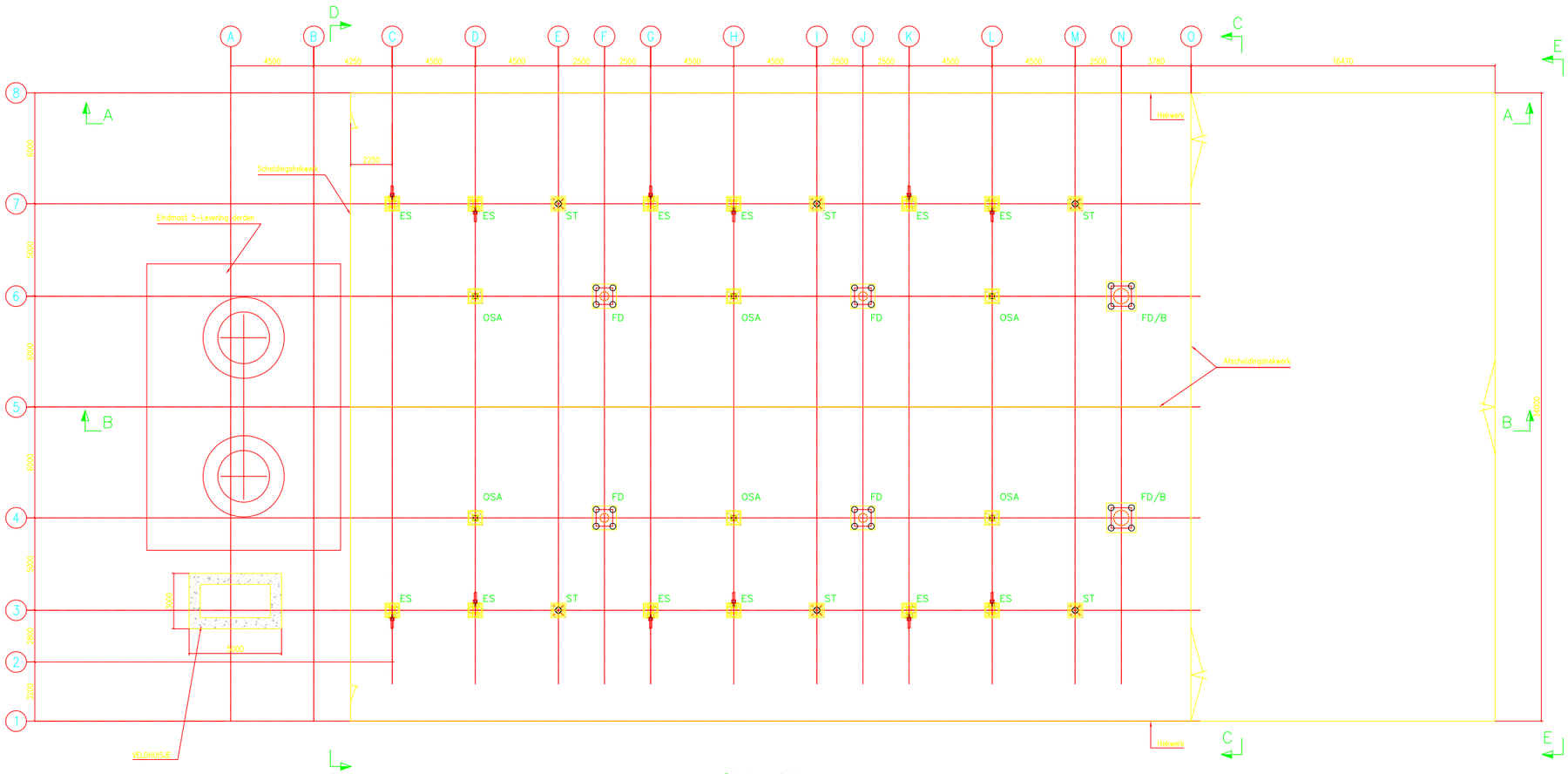
PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

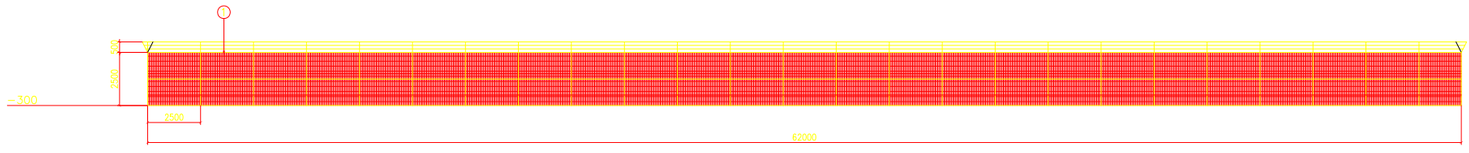
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:20 / 1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060 | DRWG.NO.: P10189-14 | REV.: E

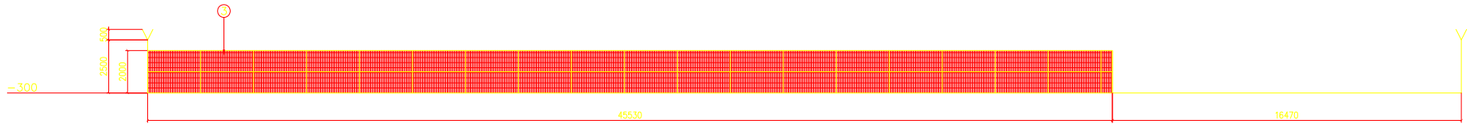
All rights reserved. Unauthorised disclosure or reproduction prohibited. May not be used in any way hostile to D & C engineering.



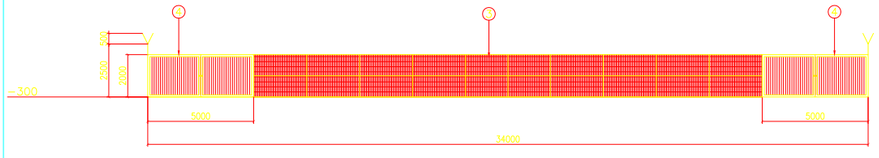
Staaloverzicht
Schaal 1:100



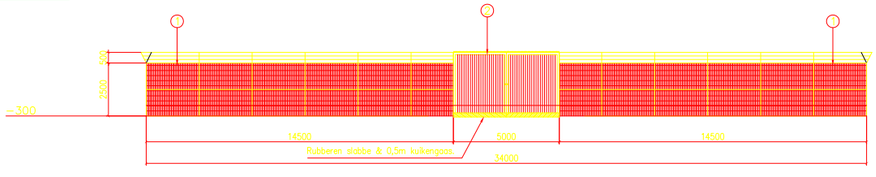
Aanzicht A–A



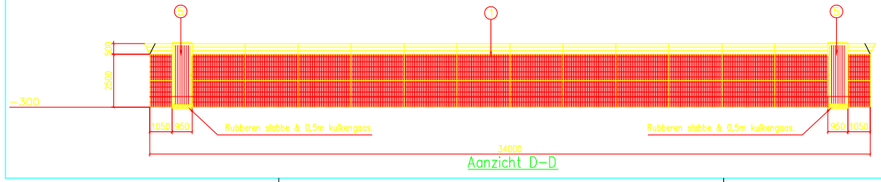
Doorsnede B–B



Aanzicht C–C



Aanzicht E–E



Aanzicht D–D

Oriëntatie verlichting (10 lux)
positionering n.t.b.

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting
ST = Spanningstrafo
OSA= Overspanningsafleider
FD = Fasedraad afspanning
FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

SPECIFICATIE HEKWERK

1 Hekwerk type ST 3000 met vast opgelaste Y kop t.b.v. puntdraden.(Alura)
- Totale hoogte ca. 3,00 meter.
- Staalmat 3,02 meter hoog waarvan, 50 centimeter ingegraven wordt.
- Maaswijdte 50x200mm horizontale draden 8mm dubbel, verticaal 6mm.
- Elke maas volledig gelast.
- Elke stijander van koker 70x50mm heeft een lip met gat Ø12mm t.b.v. aarding.
- Matten worden bevestigd met U-lijst welke de stijander afdekt.
- Tussen de stijanders komt een betonplank van 200x50mm.
- De 1e meter staalmat wordt voorzien van kuikengaas met een maaswijdte van 15x15mm.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

2 Dubbel draaihek type KS 5330 (Alura)
- Totale hoogte 3,00 meter.
- Dagmaat ca. 4,93 meter.
- Hoogspanningsisolkast.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.
- Bovenzijde voorzien van scherpe punten.
- Onderzijde voorzien van rubberen slabbe en 0,5m kuikengaas.

3 Hekwerk type ST 2000 (Alura)
- Totale hoogte ca. 2,00 meter.
- Tussenpalen 50x50mm
- Bevestiging met U-lijst.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

4 Dubbel draaihek type KS 5320 (Alura)
- Totale hoogte 2,00 meter.
- Dagmaat ca. 4,93 meter.
- Hoogspanningsisolkast.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

5 Enkel draaihek type KS 1230 (Alura)
- Totale hoogte 3,00 meter.
- Dagmaat ca. 0,92 meter.
- Vluchtweg uitvoering.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.
- Bovenzijde voorzien van scherpe punten.
- Onderzijde voorzien van rubberen slabbe en 0,5m kuikengaas.

6 Enkel draaihek type KS 1220 (Alura)
- Totale hoogte 2,00 meter.
- Dagmaat ca. 0,92 meter.
- Vluchtweg uitvoering.
- Dubbellaags coating minimaal 80mu, kleur RAL 6009.

Voor aanzichten as 3/7 en as 4/6 zie tekening P10189-22

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-121

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
E	26-06-2013	RWD	Hekwerk rond veiligheidshuisje en mast verwijderd
D	23-04-2013	Rv/GW	Verbinding aangepast en aangepast en hekwerk rond veiligheidshuisje en mast opgelastst.
C	16-11-2011	Rv/GW	Specificatie hekwerk en draaihekken D22 & E22 toegevoegd.
B	20-10-2011	Rv/GW	Specificatie hekwerk & maatvoeringsaanduiding oostrijpunt gewijzigd
A	15-06-2011	Rv/GW	Loop poorten zijde veiligheidshuisje toegevoegd + fundaties FD en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First issue

PARTSLIST:
STORELIST: WP: M:
FULL SIZE SHEETS:
DRAWING:
DRAWING TITLE:

D&C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Stadlandstraweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6918222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:
Staaloverzicht + hekwerk - Locatie OSP VZN

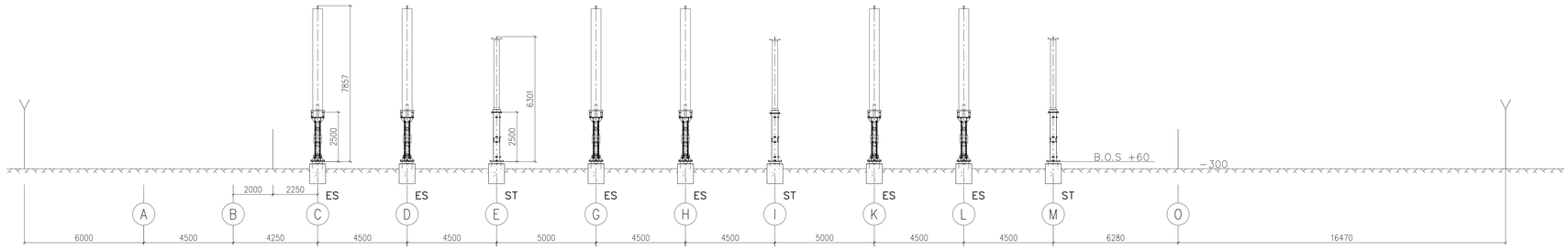
CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

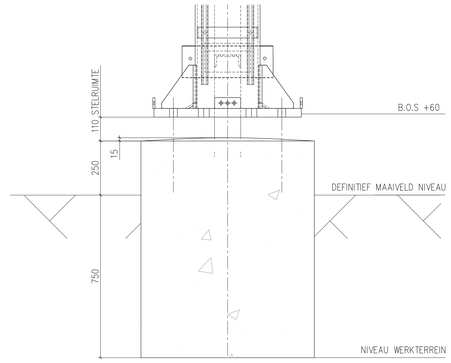
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:100
CHK'D	15-01-2011	R. v/d Wetering	
APP.	15-01-2011	P. v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060
DRAWING: P10189-21
REV.: E

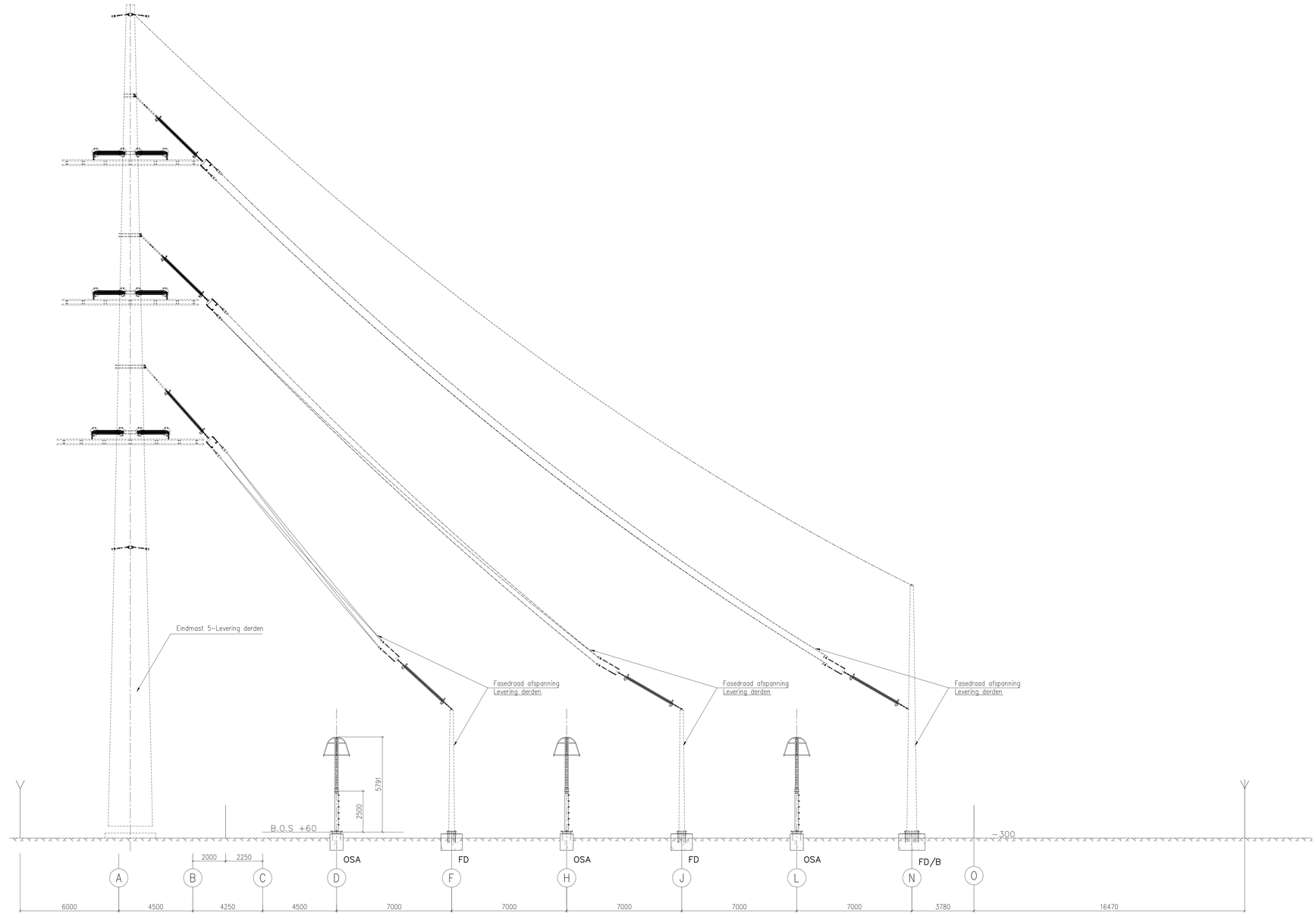
All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



AS 3 & AS 7



TYPICAL DETAIL



AS 4 & AS 6

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

Voor overzicht zie tekening P10189-21

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-122

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
C	23-04-2013	Rv/dW	Veldhuisje aangepast en verplaatst en hekwerk rond veldhuisje en mast geplaatst.
B	20-10-2011	Rv/dW	Stelruimte & naamsaanduiding opstijppunt gewijzigd
A	15-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD en FD/B aangepast.
0	14-01-2011	A.Hei	First issue

PARTSLIST | DRAWING | DRAWING TITLE

STORELIST | W.P. | M.

FULL SIZE SHEETS

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone (+31) 78 6919222
Fax (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Aanzichten staal - Locatie OSP VZN

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

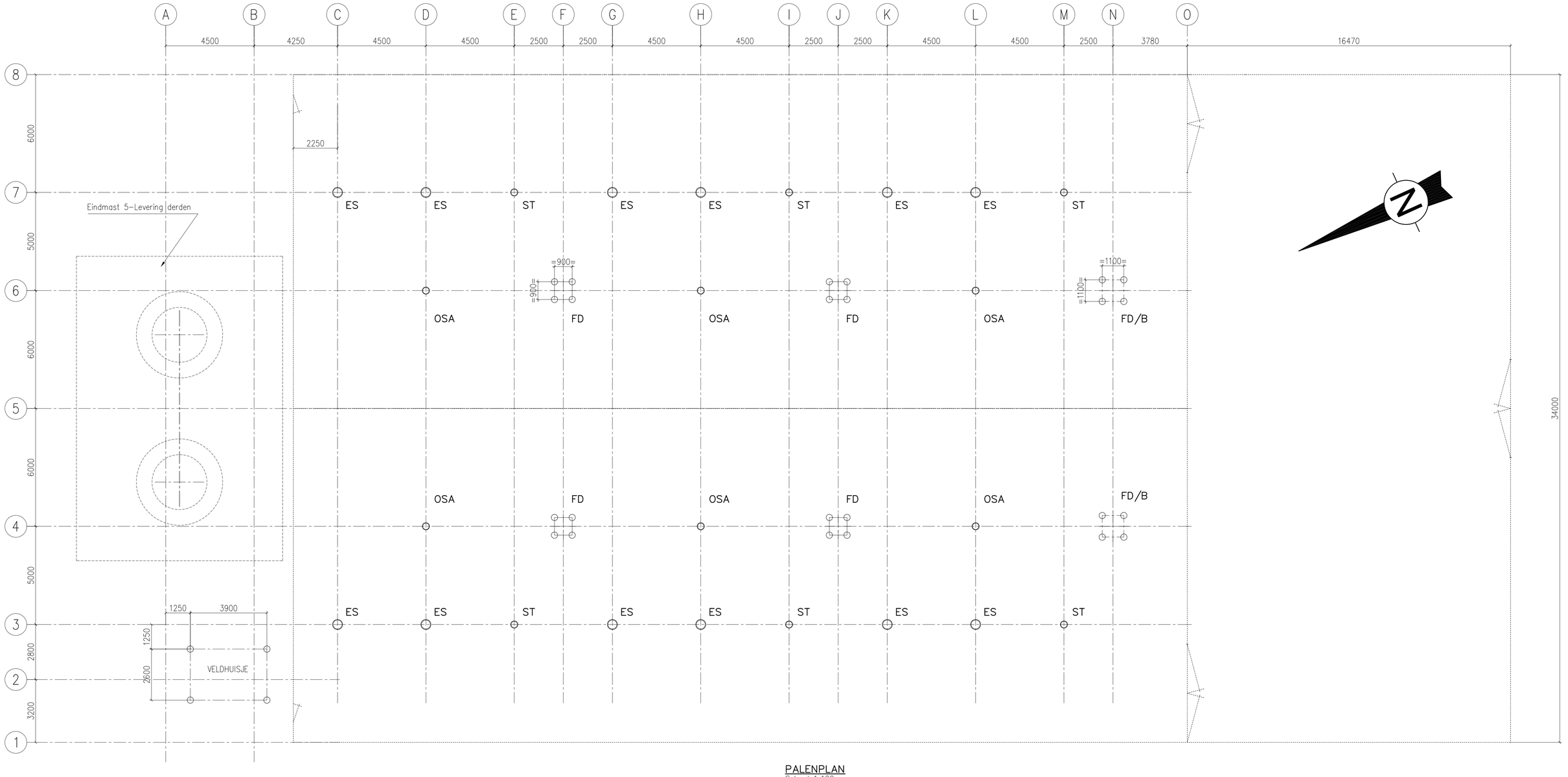
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

DOSSIER: 10.060 | DWG.NO.: P10189-22 | REV.: C

All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



PALENPLAN
Schaal 1:100

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-123

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
C	16-11-2011	Rv/dW	Draairichting hoofdpoort gewijzigd.
B	20-10-2011	Rv/dW	Naamsaanduiding opstijgpunt gewijzigd.
A	15-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD en FD/B aangepast
0	14-01-2011	A.Hei	First Issue

PARTSLIST				DRAWING	DRAWING TITLE
STORELIST	W.P.		M.		
FULL SIZE SHEETS					

D & C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:
Palenplan - Locatie OSP VZN

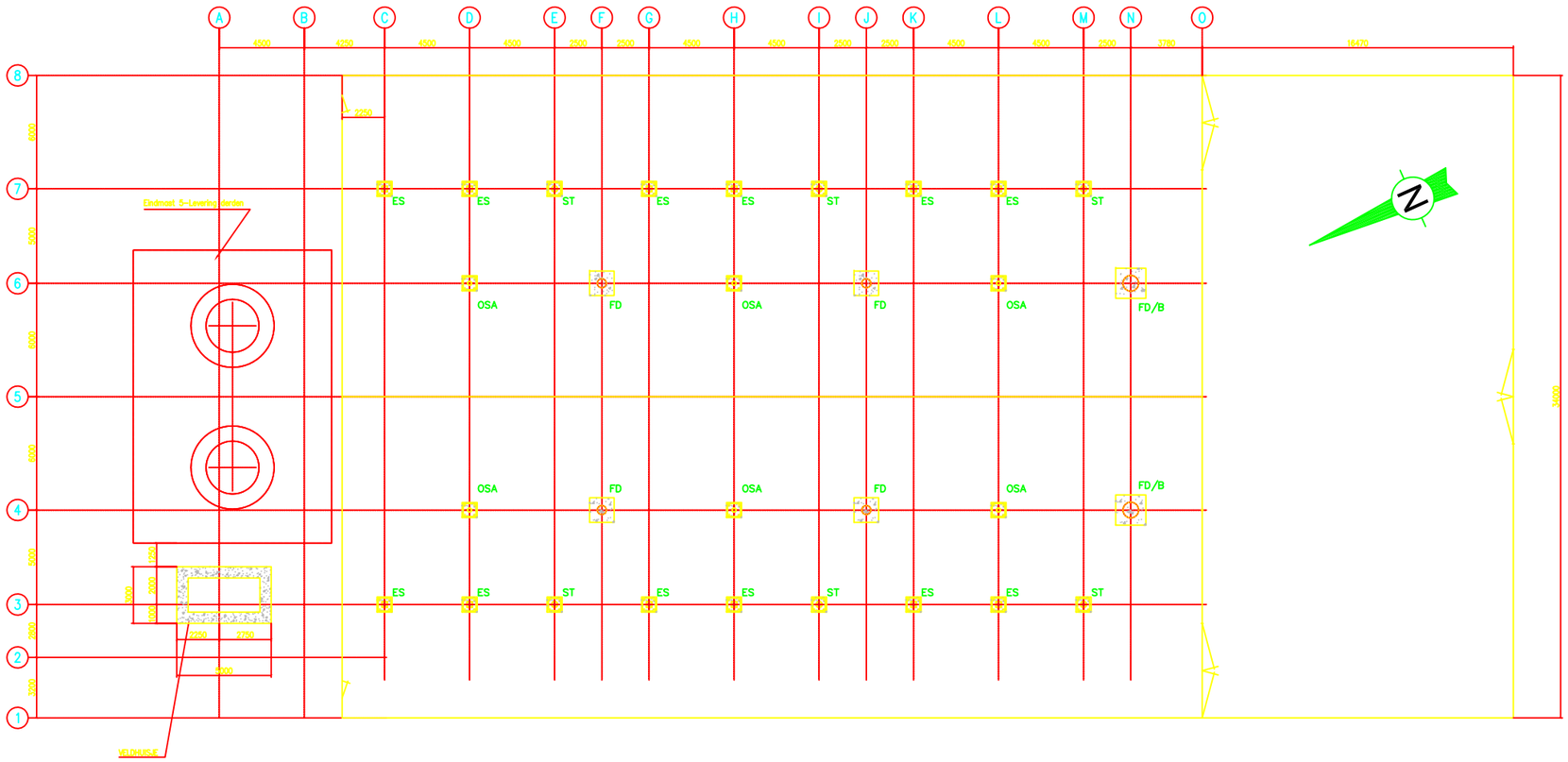
CLIENT:
Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

PROJECT:
Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

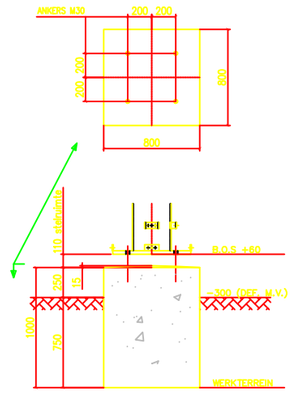
	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:20 / 1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060 | DRWG.NO.: P10189-23 | REV.: C

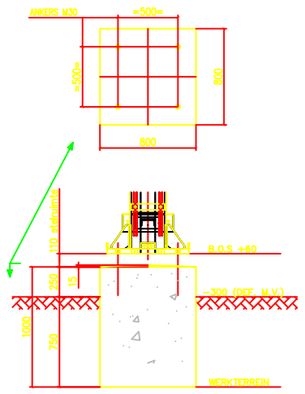
All rights reserved. Unauthorized disclosure or reproduction prohibited. Not to be used in any way harmful to D & C engineering.



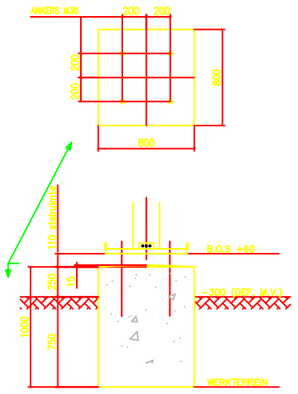
ANKERPLAN (1:150)



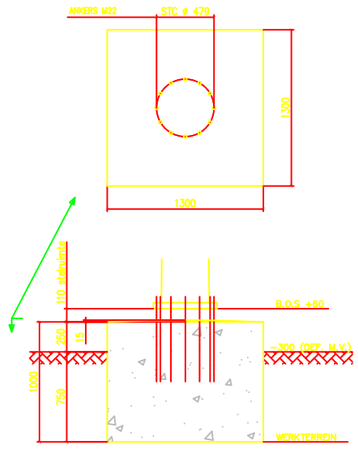
Detail fundatie Spanningstrafo (ST)



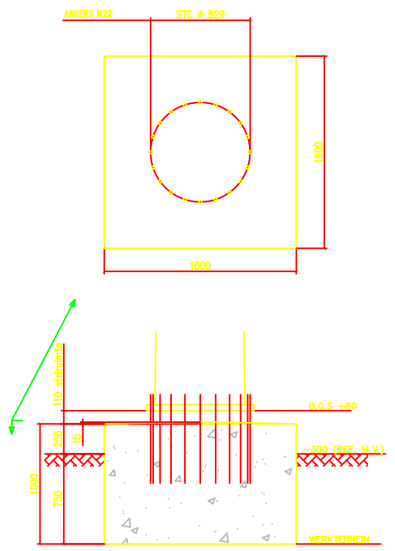
Detail fundatie Eindsluiting (ES)



Detail fundatie Overspanningsafleider (OSA)



Detail fundatie Afspanning fasedraad (FD)



Detail fundatie Afspanning fasedraad/ Bliksemdraad (FD/B)

AFKORTINGEN

ES = Eindsluiting

ST = Spanningstrafo

OSA= Overspanningsafleider

FD = Fasedraad afspanning

FD/B= Afspanning fasedraad/Bliksemdraad

V&SH CM&I TEK. NR. M210.100-OSP-124

REV.	DATE	SIGN.	DESCRIPTION
E	08-08-2013	WWD	Hekwerk rond veluhuisje en mast verwijderd
D	23-04-2013	Rv/dW	Veldhuisje aangepast en verplaatst en hekwerk rond veldhuisje en mast geplaatst.
C	16-11-2011	Rv/dW	Anker diameters FD, FD/B & ST aangepast.
B	20-10-2011	Rv/dW	Steiruimte & naamsaandulding opstijgpunt gewijzigd.
A	15-06-2011	Rv/dW	Fundaties FD en FD/B aangepast
0	14-01-2011	A.Hei	First issue

PARTSLIST | DRAWING | DRAWING TITLE

STORELIST W.P. M.

FULL SIZE SHEETS

D&C engineering
P.O. Box 1, 2950 AA Alblasserdam
Staalindustrieweg 3a, 2952 AT
Phone: (+31) 78 6919222
Fax: (+31) 78 6917301
e-mail: secretariaat@dcengineering.nl
Website: www.dcengineering.nl

DWG. TITLE:

Ankerplan - Locatie OSP VZN

CLIENT:

Visser&Smit Hanab B.V.
Papendrecht

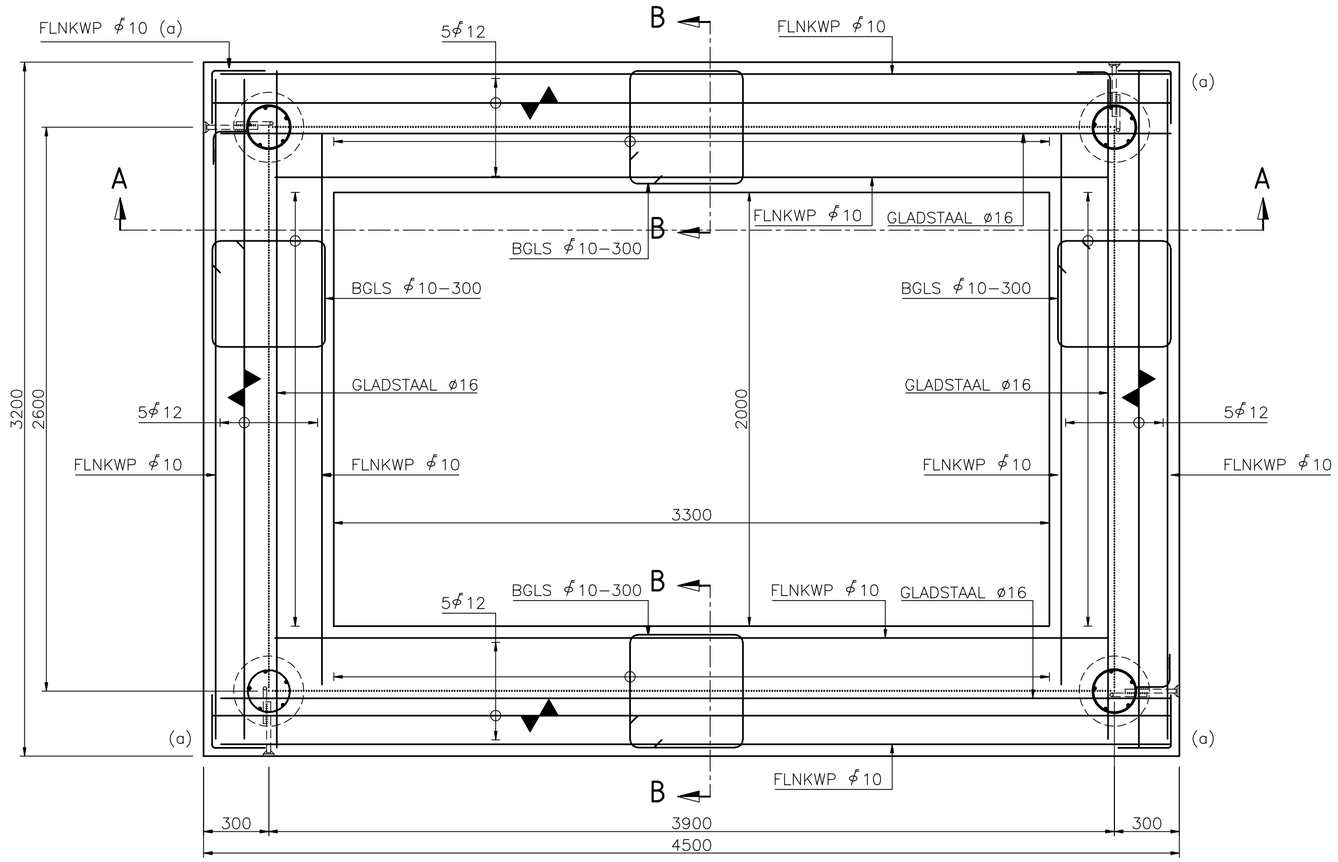
PROJECT:

Opstijgpunten
Kruising Noordzeekanaal

	DATE	NAME	SCALE
DRAWN	14-01-2011	A.Heinenberg	1:20 / 1:100
CHK'D	15-01-2011	R v/d Wielen	
APP.	15-01-2011	P v Leeuwen	

DOSSIER: 10.060 | DRWG.NO.: P10189-24 | REV.: E

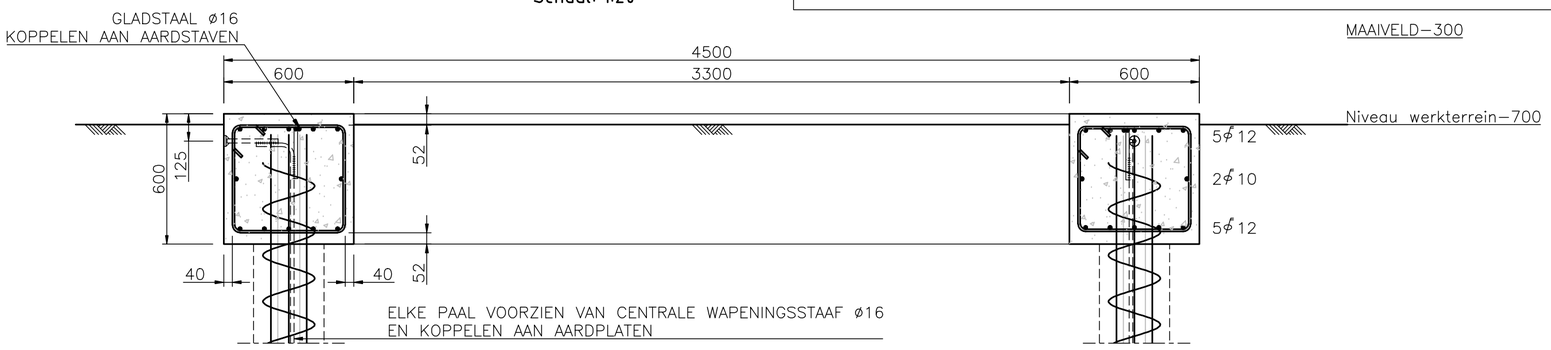
All rights reserved. Unauthorised disclosure or reproduction prohibited. May not be used in any way hostile to D & C engineering.



PLATTEGROND

Schaal: 1:20

IN TE STORTEN VOORZIENINGEN VELDHUISJE NIET BEKEND



DOORSNEDE A-A

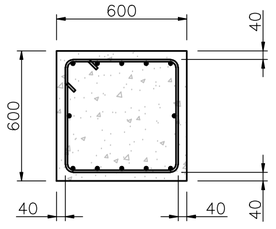
Schaal: 1:20

PALENRENVOOI VELDHUISJE

LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-18,50	16,5	4	324	375	5 ø 12 (FeB500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16
ZUID	-14,50	13,0	4	324	375	5 ø 12 (FeB500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16

Opmerkingen palenrenvooi:
- korfdiameter palen ø324/375 = ø190 mm
- locaties palen zie tekeningen van D&C engineering
- B.K. paal is t.o.v. MV

Aanname:
Maaiveld noordzijde = NAP -2,00 m
Maaiveld zuidzijde = NAP -1,50 m



DOORSNEDE B-B

Schaal: 1:20

Opmerkingen :

maten in mm, tenzij anders vermeld
onderstreepte maten niet op schaal getekend

AARDING 220/380 kV
Aardplaten en aardstaven koppelen met lasverbinding eenzijdig, laslengte 100 mm, lasdikte 5 mm.
Aardstaven FeB 220, ø 16 mm
Alle constructieve wapening met binddraad verbinden met een aardstaaf.

Renvooi betonconstructie (poer):

Geldende voorschriften	:	VBC 1995	NEN 6720
		NEN-EN 206-1	NEN 8005
		VB Uitvoering 2002	NEN 6722

Betonkwaliteit : C20/25
Milieuklassen : XC4 (wisselend nat - droog)
XF2 (niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)

Betondekking op buitenste wapening : 40 mm / 52 mm
Maximaal toelaatbare maatafwijkingen: 5 mm
Toeslagen t.g.v. oncontroleerbare vlakken zijn hierin verwerkt

Algemene gegevens :
Eventuele hulpwapening is niet getekend.
Werkvloeren minimaal betonkwaliteit C12/15, milieuklasse X0.
Schuine hoeklatjes in de bekisting aanbrengen of de bekistingsdelen afschuinen.

Kwaliteit betonstaal ϕ = FeB500 ø = FeB220
Lassen verspringend aanbrengen.

Laslengtes en Verankeringslengtes. (opgave in millimeters)

staafdiameter	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
bovenstaven		290	380	
algemeen		230	300	

wijziging	datum	omschrijving	getekend	goedgekeurd
D	09-12-2011	Toev. gladstaal in ringbalk	JKI	
C	27-10-2011	PPN toegevoegd en paallengten gewijzigd	JKI	
B	26-10-2011	Diversen	JKI	
A	22-03-2011	Definitief	JKI	

opdrachtgever:

D&C ENGINEERING

Terracon Funderingstechniek B.V.
Postbus 49
4250 DA Werkendam
Tel.: 0183 – 401311
Fax.: 0183 – 403583
e-mail.: info@terracon.nl

projectomschr.	:	**FUNDERINGEN OPSTIJGPUNTEN 380 kV**
projectomschr.	:	**NOORDZEEKANAAL**
hoofdonderdeel.	:	
constr. onderdeel.	:	
titel	:	**FUNDATIE VELDHUISJE**

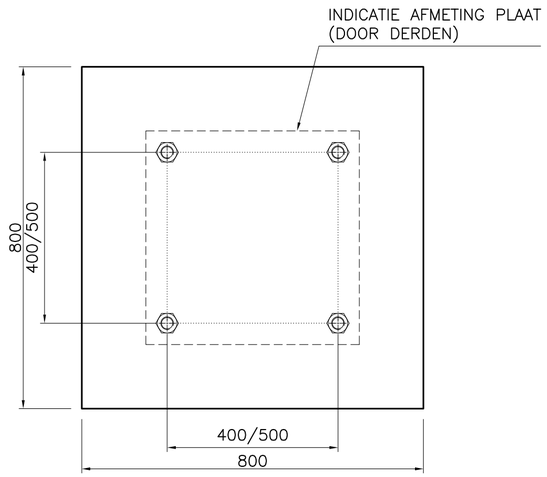
status: D
werk nr.: 10136.01
project
bestek

	datum	naam	paraaf
getekend	22-03-2011	J. Kleinhout	JKI
akkoord	22-03-2011	I. Rijnberg	

gewijzigd: 0 1 2 3 4

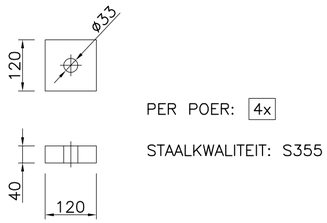
schaal 1:20 / 1:10

formaat: A2
tekening nummer: 311.07-A-04



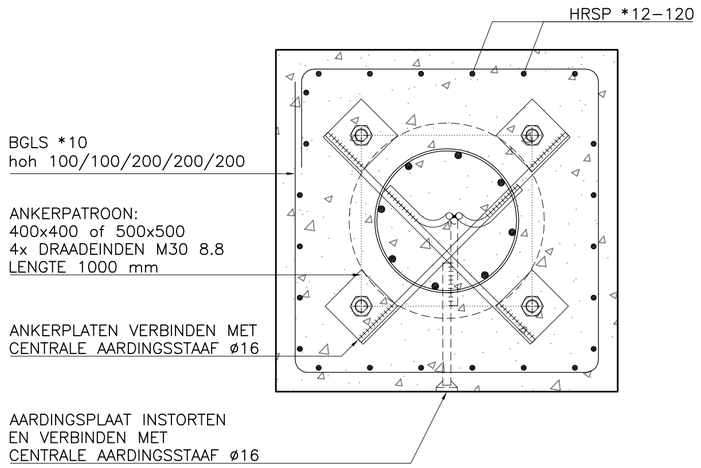
ANKERPATROON

Schaal: 1:10



MAATVOERING ANKERPLAAT

Schaal: 1:10



DWARSDOORSNEDE T.P.V. OPSTORT

Schaal: 1:10

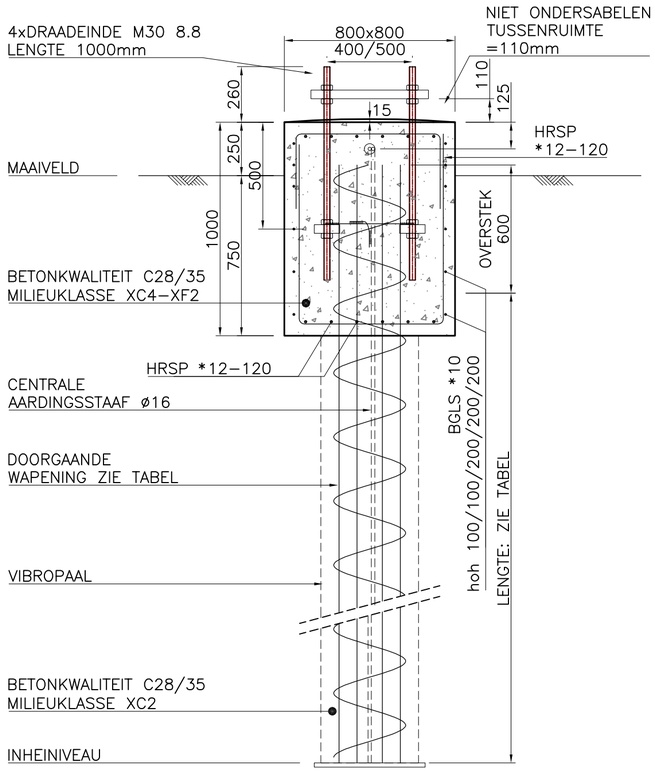
PALENRENVOOI EINDSLUITING							ankerpatroon 500x500
LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-17,50	15,50	12	ø457	ø520	8Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16
ZUID	-12,50	11,00	12	ø457	ø520	8Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16

PALENRENVOOI STROOMTRAFO							ankerpatroon 400x400
LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-17,50	15,50	6	ø324	ø375	7Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16
ZUID	-12,50	11,00	6	ø324	ø375	7Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16

PALENRENVOOI OSA							ankerpatroon 400x400
LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-17,50	15,50	6	ø324	ø375	8Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16
ZUID	-12,50	11,00	6	ø324	ø375	8Ø16 (FeB500)	lang 10 m + 0,60 m overstek plus centrale aardingsstaaf Ø16

Opmerkingen palenrenvooi:
- korfdiameter palen Ø324/375 = Ø190 mm
- korfdiameter palen Ø457/520 = Ø320 mm
- locaties palen zie tekeningen van D&C engineering
- B.K. paal is t.o.v. MV

Aanname:
Maaiveld noordzijde = NAP -2,00 m
Maaiveld zuidzijde = NAP -1,50 m



PRINCIPE DOORSNEDE PAAL

Schaal: 1:20

Opmerkingen :

maten in mm, tenzij anders vermeld
onderstreepte maten niet op schaal getekend

AARDING 220/380 kV
Aardplaten en aardstaven koppelen met lasverbinding eenzijdig, laslengte 100 mm, lasdikte 5 mm.
Aardstaven FeB 220, ø 16 mm
Alle constructieve wapening met binddraad verbinden met een aardstaaf.

Renvooi betonconstructie (poer):

Geldende voorschriften	:	VBC 1995	NEN 6720
		NEN-EN 206-1	NEN 8005
		VB Uitvoering 2002	NEN 6722

Betonkwaliteit : C28/35
Milieuklassen : XC4 (wisselend nat - droog)
XF2 (niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)

Betondekking op buitenste wapening : 40 mm
Maximaal toelaatbare maatafwijkingen: 5 mm
Toeslagen t.g.v. oncontroleerbare vlakken zijn hierin verwerkt

Algemene gegevens :
Eventuele hulpwapening is niet getekend.

Kwaliteit betonstaal * = FeB500 ø = FeB220
Lassen verspringend aanbrengen.

Laslengtes en Verankeringslengtes. (opgave in millimeters)

staafdiameter	*8	*10	*12	*16
algemeen		230	300	460

wijziging	datum	omschrijving	getekend	goedgekeurd
F	16-11-2011	Ankerplaten ook voorzien van koppeling met centrale aardstaaf	JKL	
E	27-10-2011	PPN toegevoegd en paallengten gewijzigd	JKI	
D	26-10-2011	Diversen	JKI	
C	14-06-2011	Niveau poer aangepast	JKI	
B	24-02-2011	Aanpassing wapening en lengte draadeind ivm geen ondersabeling	JKI	
A	02-02-2011	Definitief	JKI	

opdrachtgever:

D&C ENGINEERING

D&C engineering TEK. NR. P10189 – 41
V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–141

Terracon Funderingstechniek B.V.
Postbus 49
4250 DA Werkendam
Tel.: 0183 – 401311
Fax.: 0183 – 403583
e-mail.: info@terracon.nl

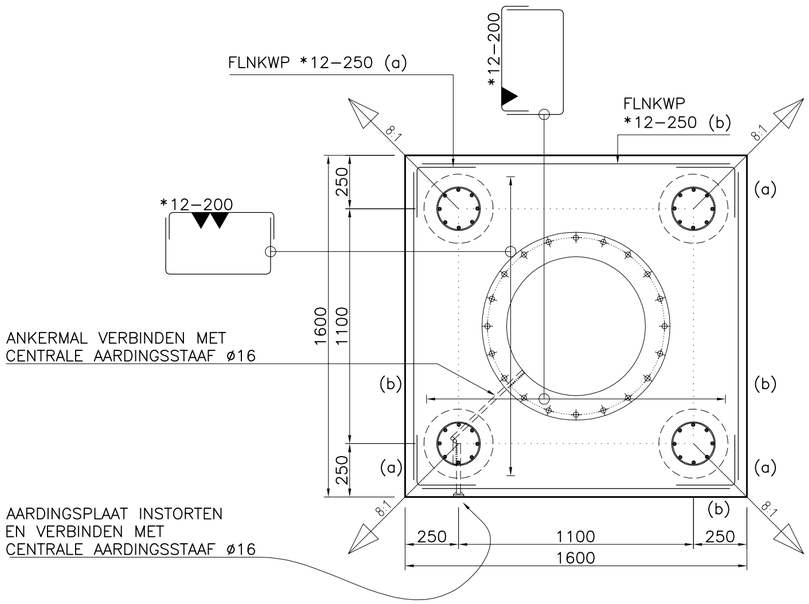
projectomschr. : **FUNDERINGEN OPSTIJGPUNTEN 380 kV**
projectomschr. : **NOORDZEEKANAAL**
hoofdonderdeel. :
constr. onderdeel. :
titel : **FUNDATIE OPSTIJGPUNTEN**

status: F
werk nr.: 10136.01
project
bestek

	datum	naam	paraaf
getekend	02-02-2011	J. Kleinhout	JKI
akkoord	02-02-2011	I. Rijnberg	

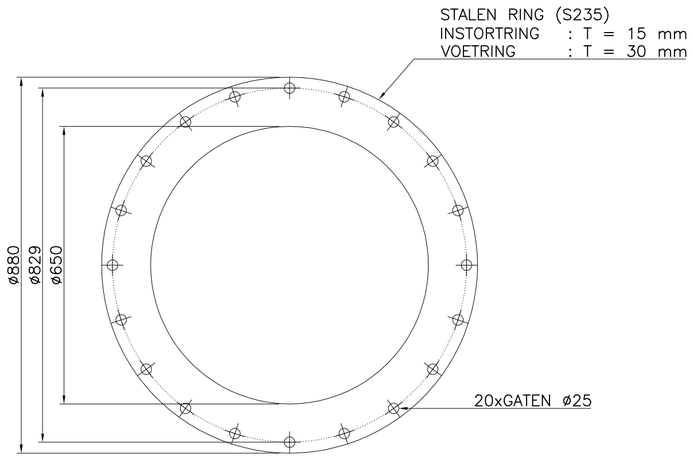
gewijzigd: 0 1 2 3 4

schaal 1:20 / 1:10
formaat: A2
tekening nummer: **10136.01-A-01**



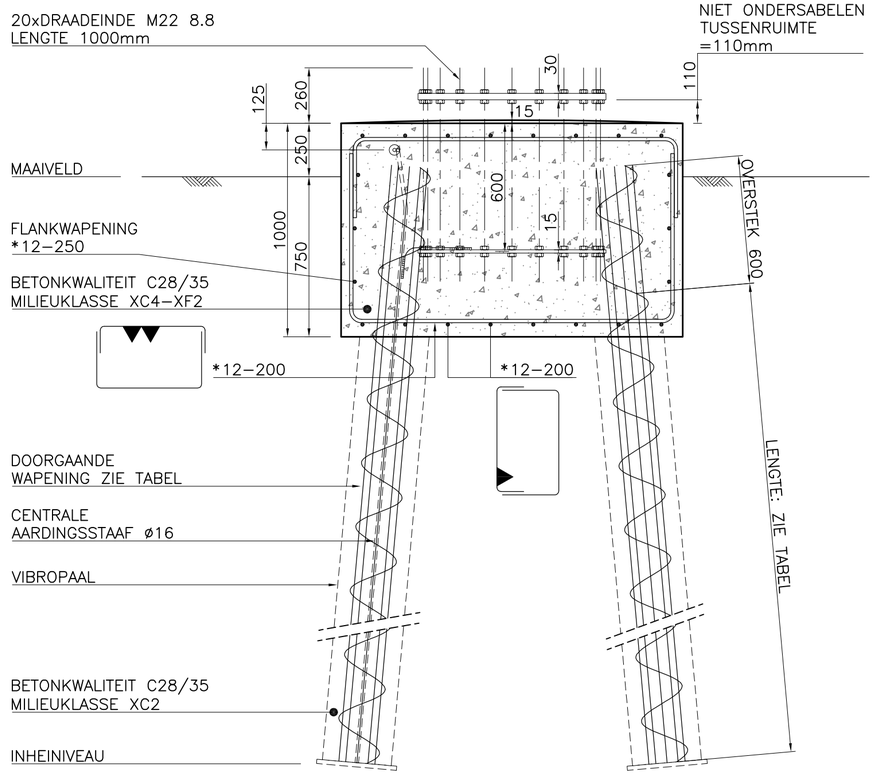
BOVENAANZICHT

Schaal: 1:20
Paalconfiguratie geldt voor MV-750mm



ANKERPATROON

Schaal: 1:10



PRINCIPE DOORSNEDE POER

Schaal: 1:20

PALENRENVOOI AFSPANMAST 15,0m - 750 - 200

LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-19,50	17,5	8	324	375	8 ø 16 (FeB 500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16
ZUID	-19,50	18,0	8	324	375	8 ø 16 (FeB 500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16

Opmerkingen palenrenvooi:
- korfdiameter palen ø324/375 = ø190 mm
- locaties palen zie tekeningen van D&C engineering
- B.K. paal is t.o.v. MV

Aanname:
Maaiveld noordzijde = NAP -2,00 m
Maaiveld zuidzijde = NAP -1,50 m

Opmerkingen :

maten in mm, tenzij anders vermeld
onderstreepte maten niet op schaal getekend

AARDING 220/380 kV
Aardplaten en aardstaven koppelen met lasverbinding eenzijdig, laslengte 100 mm, lasdikte 5 mm.
Aardstaven FeB 220, ø 16 mm
Alle constructieve wapening met binddraad verbinden met een aardstaaf.

Renvooi betonconstructie (poer):

Geldende voorschriften	:	VBC 1995	NEN 6720
		NEN-EN 206-1	NEN 8005
		VB Uitvoering 2002	NEN 6722

Betonkwaliteit : C28/35
Milieuklassen : XC4 (wisselend nat - droog)
XF2 (niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)

Betondekking op buitenste wapening : 40 mm
Maximaal toelaatbare maatafwijkingen: 5 mm
Toeslagen t.g.v. oncontroleerbare vlakken zijn hierin verwerkt

Algemene gegevens :
Eventuele hulpwapening is niet getekend.
Werkvloeren minimaal betonkwaliteit C12/15, milieuklasse X0.
Schuine hoeklatjes in de bekisting aanbrengen of de bekistingsdelen afschuinen.

Kwaliteit betonstaal * = FeB500 ø = FeB220
Lassen verspringend aanbrengen.

Laslengtes en Verankeringslengtes. (opgave in millimeters)

staafdiameter	*8	*10	*12	*16
bovenstaven		290	380	580
algemeen		230	300	460

wijziging	datum	omschrijving	getekend	goedgekeurd
E	16-11-2011	Ankermal ook voorzien van koppeling met centrale aardingsstaaf	JKL	
D	27-10-2011	PPN toegevoegd en paallengten gewijzigd	JKI	
C	26-10-2011	Diversen	JKI	
B	14-06-2011	Niveau poer aangepast	JKI	
A	22-03-2011	Definitief	JKI	

opdrachtgever:

D&C ENGINEERING

D&C engineering TEK. NR. P10189 – 42
V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–142

Terracon Funderingstechniek B.V.
Postbus 49
4250 DA Werkendam
Tel.: 0183 – 401311
Fax.: 0183 – 403583
e–mail.: info@terracon.nl

projectomschr. : **FUNDERINGEN OPSTIJGPUNTEN 380 kV**
projectomschr. : **NOORDZEEKANAAL**
hoofdonderdeel. :
constr. onderdeel. :
titel : **FUNDATIE AFSPANMAST 15,0 m - 750 - 200**

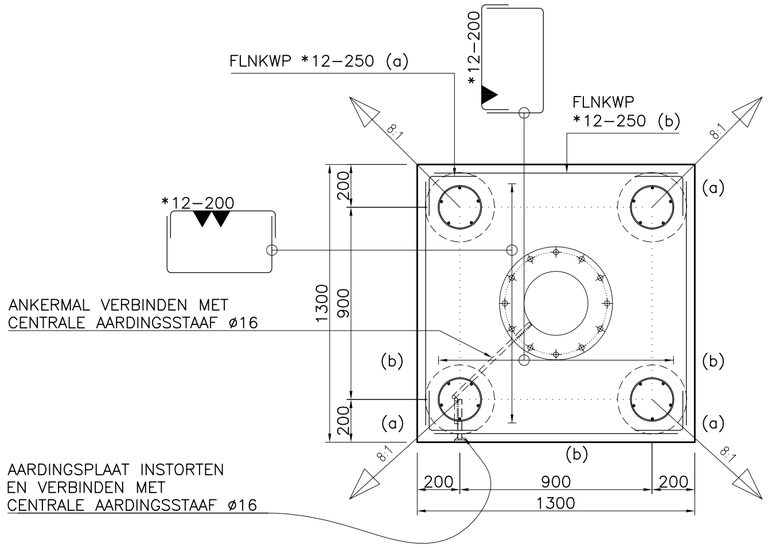
status: E
werk nr.: 10136.01
project:
bestek:

	datum	naam	paraaf
getekend	22-03-2011	J. Kleinhout	JKI
akkoord	22-03-2011	I. Rijnberg	

gewijzigd: 0 1 2 3 4

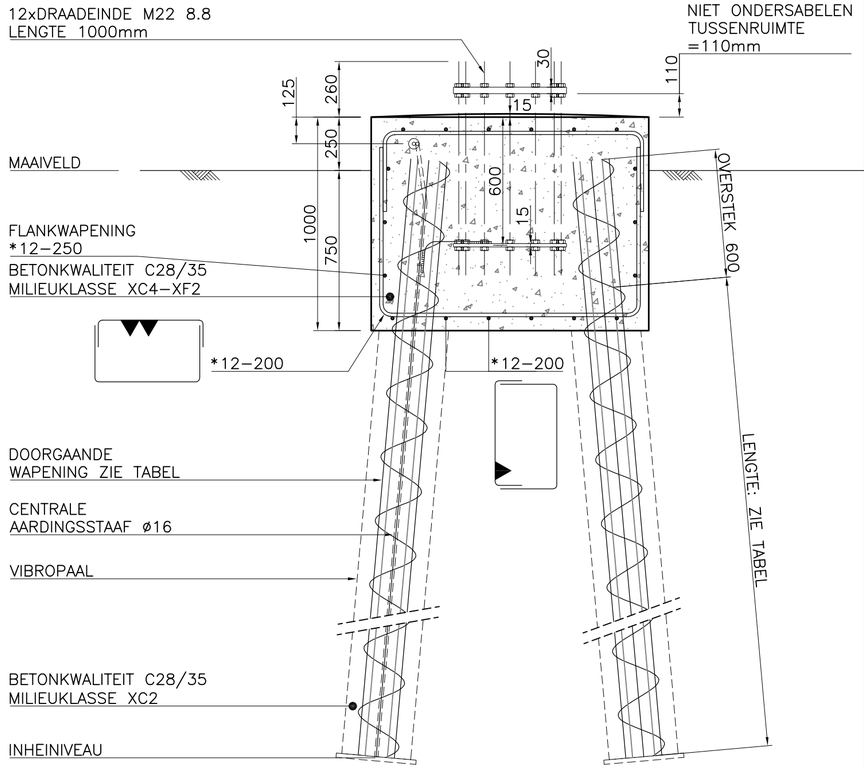
schaal 1:20 / 1:10

formaat: A2
tekening nummer: **311.07-A-02**



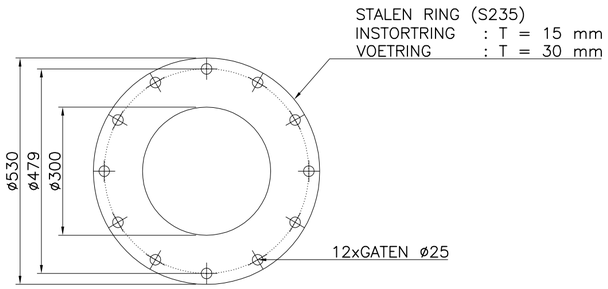
BOVENAANZICHT

Schaal: 1:20
Paalconfiguratie geldt voor MV-750mm



PRINCIPE DOORSNEDE POER

Schaal: 1:20



ANKERPATROON

Schaal: 1:10

PALENRENVOOI AFSPANMAST 7,5m - 400 - 200

LOCATIE	PPN (m NAP)	PAALLENGTE (in m)	AANTAL (st)	SCHACHT (mm)	VOETPLAAT (mm)	LANGS WAPENING	LENGTE WAPENING
NOORD	-18,50	16,5	16	324	375	5 ø 12 (FeB 500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16
ZUID	-14,50	13,0	16	324	375	5 ø 12 (FeB 500)	DOORGAAND + centrale wapeningsstaaf ø16

Opmerkingen palenrenvooi:
- korfdiameter palen ø324/375 = ø190 mm
- locaties palen zie tekeningen van D&C engineering
- B.K. paal is t.o.v. MV

Aanname:
Maaiveld noordzijde = NAP -2,00 m
Maaiveld zuidzijde = NAP -1,50 m

Opmerkingen :

maten in mm, tenzij anders vermeld
onderstreepte maten niet op schaal getekend

AARDING 220/380 kV
Aardplaten en aardstaven koppelen met lasverbinding eenzijdig,
laslengte 100 mm, lasdikte 5 mm.
Aardstaven FeB 220, ø 16 mm
Alle constructieve wapening met binddraad verbinden met een aardstaaf.

Renvooi betonconstructie (poer):

Geldende voorschriften	:	VBC 1995	NEN 6720
		NEN-EN 206-1	NEN 8005
		VB Uitvoering 2002	NEN 6722

Betonkwaliteit : C28/35
Milieuklassen : XC4 (wisselend nat - droog)
XF2 (niet volledig verzadigd met water, met dooizouten)

Betondekking op buitenste wapening : 40 mm
Maximaal toelaatbare maatafwijkingen: 5 mm
Toeslagen t.g.v. oncontroleerbare vlakken zijn hierin verwerkt

Algemene gegevens :
Eventuele hulpwapening is niet getekend.
Werkvloeren minimaal betonkwaliteit C12/15, milieuklasse X0.
Schuine hoeklatjes in de bekisting aanbrengen of de bekistingsdelen afschuinen.

Kwaliteit betonstaal * = FeB500
Lassen verspringend aanbrengen.

Laslengtes en Verankeringslengtes. (opgave in millimeters)

staafdiameter	*8	*10	*12	*16
bovenstaven		290	380	580
algemeen		230	300	460

wijziging	datum	omschrijving	getekend	goedgekeurd
E	16-11-2011	Ankermal ook voorzien van koppeling met centrale aardingsstaaf	JKL	
D	27-10-2011	PPN toegevoegd en paallengten gewijzigd	JKI	
C	26-10-2011	Diversen	JKI	
B	14-06-2011	Niveau poer aangepast	JKI	
A	22-03-2011	Definitief	JKI	

opdrachtgever:

D&C ENGINEERING

D&C engineering TEK. NR. P10189 – 43
V&SH CM&I TEK. NR. M210.100–OSP–143

Terracon Funderingstechniek B.V.

Postbus 49
4250 DA Werkendam
Tel.: 0183 – 401311
Fax.: 0183 – 403583
e-mail.: info@terracon.nl

projectomschr. : **FUNDERINGEN OPSTIJGPUNTEN 380 kV**
projectomschr. : **NOORDZEEKANAAL**
hoofdonderdeel. :
constr. onderdeel. :
titel : **FUNDATIE AFSPANMAST 7,5 m - 400 - 200**

status: E
werk nr.: 10136.01
project:
bestek:

	datum	naam	paraaf
getekend	22-03-2011	J. Kleinhout	JKI
akkoord	22-03-2011	I. Rijnberg	

gewijzigd: 0 1 2 3 4

schaal 1:20 / 1:10

formaat: A2
tekening nummer: **311.07-A-03**

Bijlage 2.4

GB-OMGV lijn

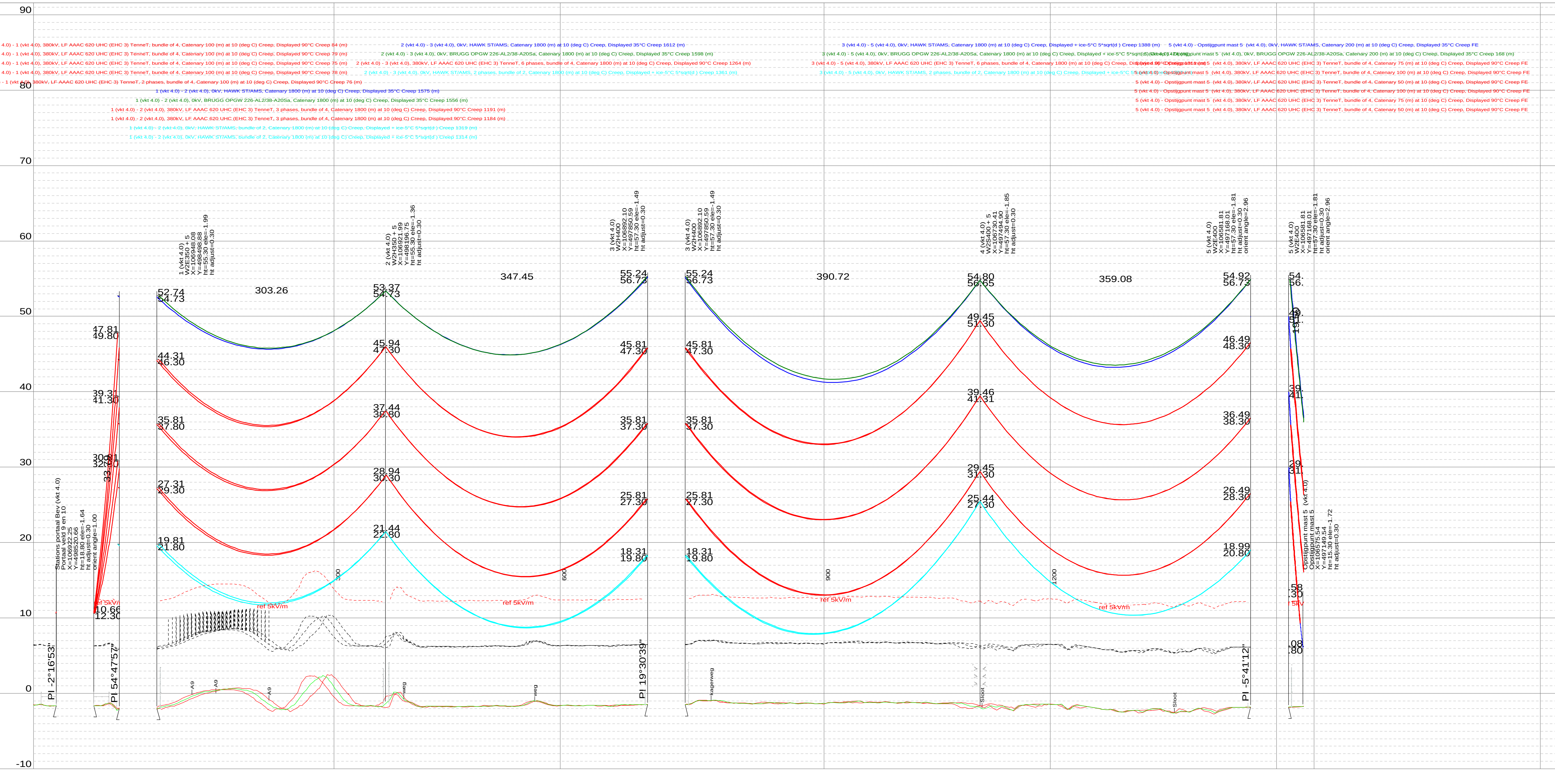
Lengteprofielen

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)



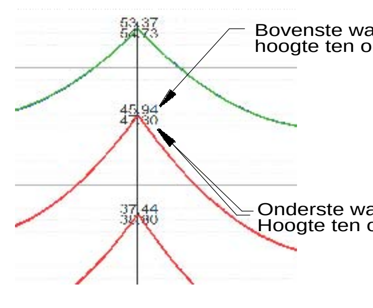
Legenda

Feat. Code	Feature Description	Symbol	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 110kV (m)	Req Horiz Clear 110kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 220kV (m)	Req Horiz Clear 220kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)		EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del :	0.72	0.72	1.0	1.0	1.37	1.37	1.92	1.92	3.1	3.1					
		Bundel :	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25					
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	8.10	3.00	8.47	3.37	9.02	3.92	10.45	5.35		1.5	5.6	2.0	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85			7	2.0	0.5
3	Vegetatie		2.35	2.85	2.50	3.00	2.87	3.37	3.42	3.92	4.85	5.35		1.5		2.0	
4	Daken (helling > 15gr)		5.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85			2	2.0	0.5
5	Daken (helling < 15gr)		5.22	3.35	5.50	3.50	5.87	3.87	6.42	4.42	7.85	5.85			4	2.0	0.5
6	Wegen		8.95	2.85	9.10	3.00	9.47	3.37	10.02	3.92	10.45	5.35			6.6	2.0	0.5
7	Land- en argrarischewegen		7.95	3.35	8.10	3.50	8.47	3.87	9.02	4.42	11.45	5.85		1.5	6.6	2.0	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	10.50	3.50	10.87	3.87	11.42	4.42	12.85	5.85			9	2.0	0.5
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	8.50	3.50	8.87	3.87	9.42	4.42	10.85	5.85			7	2.0	0.5
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	11.80	3.50	12.17	3.87	12.72	4.42	14.15	5.85			10.3	2.0	0.5
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	16.50	3.50	16.87	3.87	17.42	4.42	18.85	5.85		15		2.0	0.5
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	21.50	3.50	21.87	3.87	22.42	4.42	23.85	5.85		20		2.0	0.5
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	26.50	3.50	26.87	3.87	27.42	4.42	28.85	5.85		25		2.0	0.5
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	31.50	3.50	31.87	3.87	32.42	4.42	33.85	5.85		30		2.0	0.5
15	Water	W	6.95	3.35	7.10	3.50	7.47	3.87	8.02	4.42	9.45	5.85			5.6	2.0	0.5
15	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	3.50	3.50	3.87	3.87	4.42	4.42	5.85	5.85			2	2.0	0.5

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 14 meter i.v.m. 5kV/m
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kV
Hoogspanningslijn:380kV Beverwijk - Vijfhuizen
Calculations accoording to EN50341-1 and EN50341-1-15 (NNA)
Wind zone: Zone 2
Vr =22.5 m/s
Zo(m) =0.2
Ct bij beijsde geleider =1.2
Ice region = B, 1.8*SQRT(D) voor de fasen
Ice region = A, 5*SQRT(D) voor de bliksemdraad
0

LEGENDA Onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



Hoogte aanduiding in lengteprofiel

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
-	-	-	-		
4.0	Verschuiving mast 33 versie VKT 4.0	10-8-2012	MLC	EGB	CS
3.2	Definitief	20-07-2012	AP	EGB	CS
3.2	mast type en mast locaties gewijzigd tussen mast 20 en 26	29-06-2012	AP	EGB	CS
		26-01-2012	RLo	AW	CS

KEMA Power lines

380/150kV Lijn Beverwijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast Stations portaal Bev (vkt 4.0) tot Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)

30.0 m Horiz. Scale
3.0 m Vert. Scale
A1+
TEK.NR. 30813059-50-001 VKT 4.0
1 van 4
Wijz 4.0

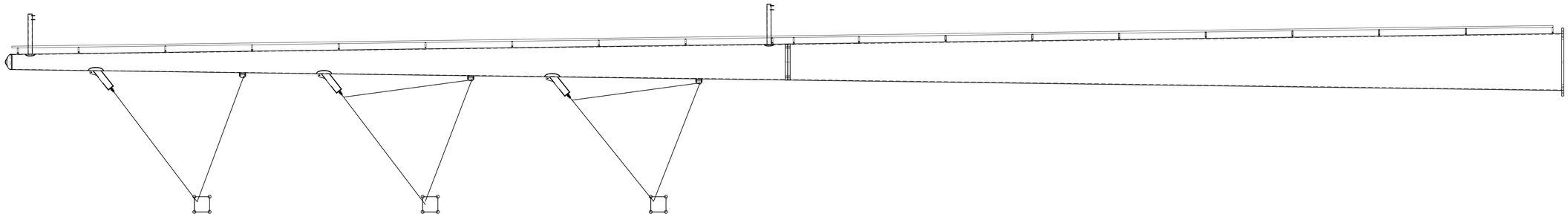
Printed at: 10-8-2012 ; 13:09:35

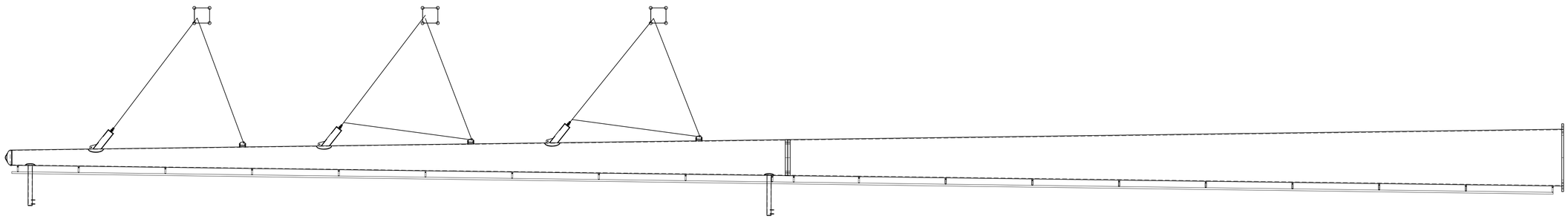
© 2011 KEMA Nederland B.V.

Bijlage 2.5

GB-OMGV lijn

Aanzicht klimrail/high step aan Wintrackmast





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

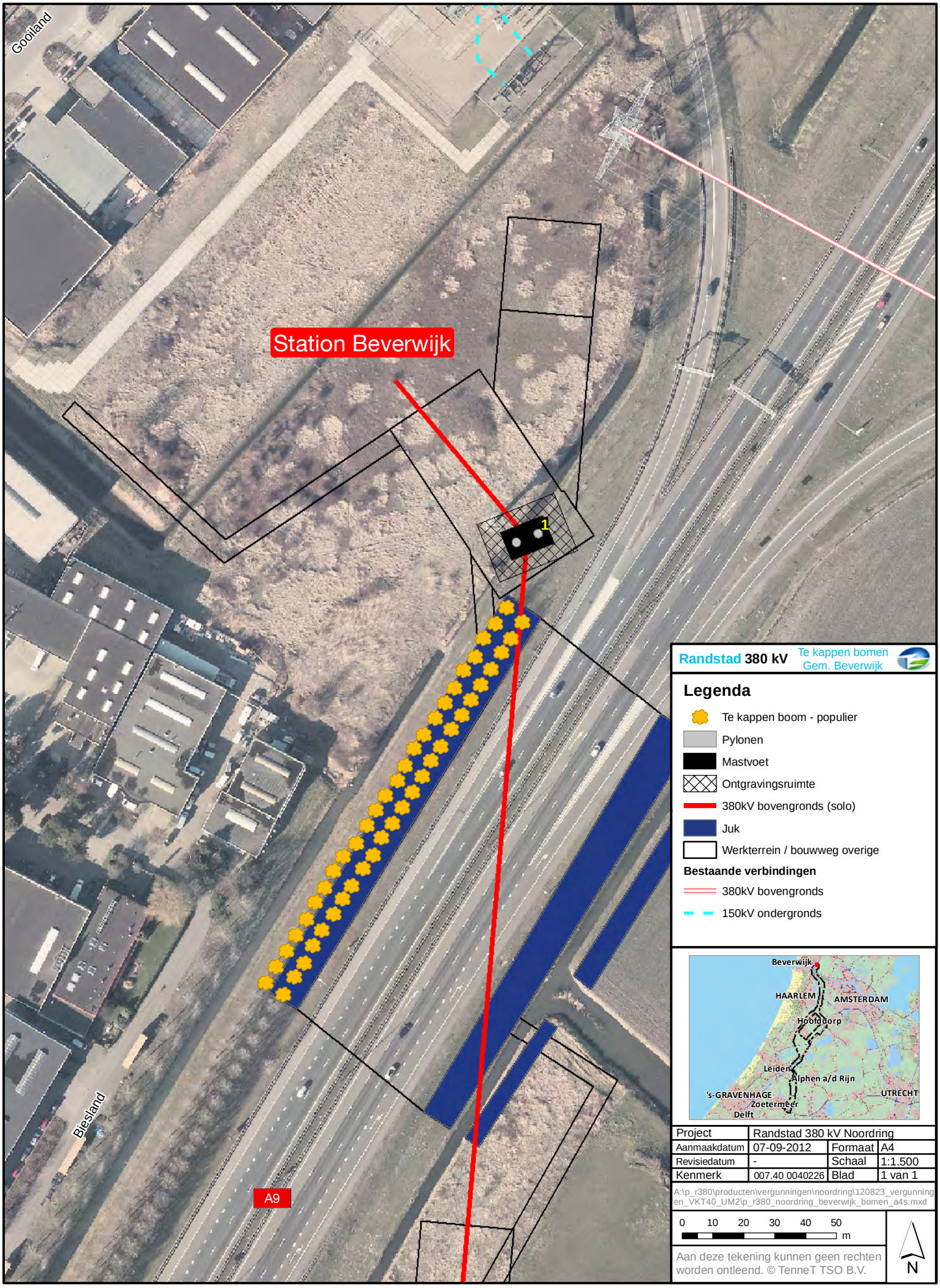
Bijlage 3.1

GB-OMGV **lijn**

Tekening te kappen bomen

Randstad 380kV

Te kappen bomen Gemeente Beverwijk



Randstad 380 kV Te kappen bomen Gem. Beverwijk

Legenda

- Te kappen boom - populier
- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- Juk
- Werkterrein / bouwweg overige

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV ondergronds

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	07-09-2012	Formaat	A4
Revisiedatum	-	Schaal	1:1.500
Kenmerk	007.40 0040226	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_beverwijk_bomen_a4s.mxd

0 10 20 30 40 50 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.