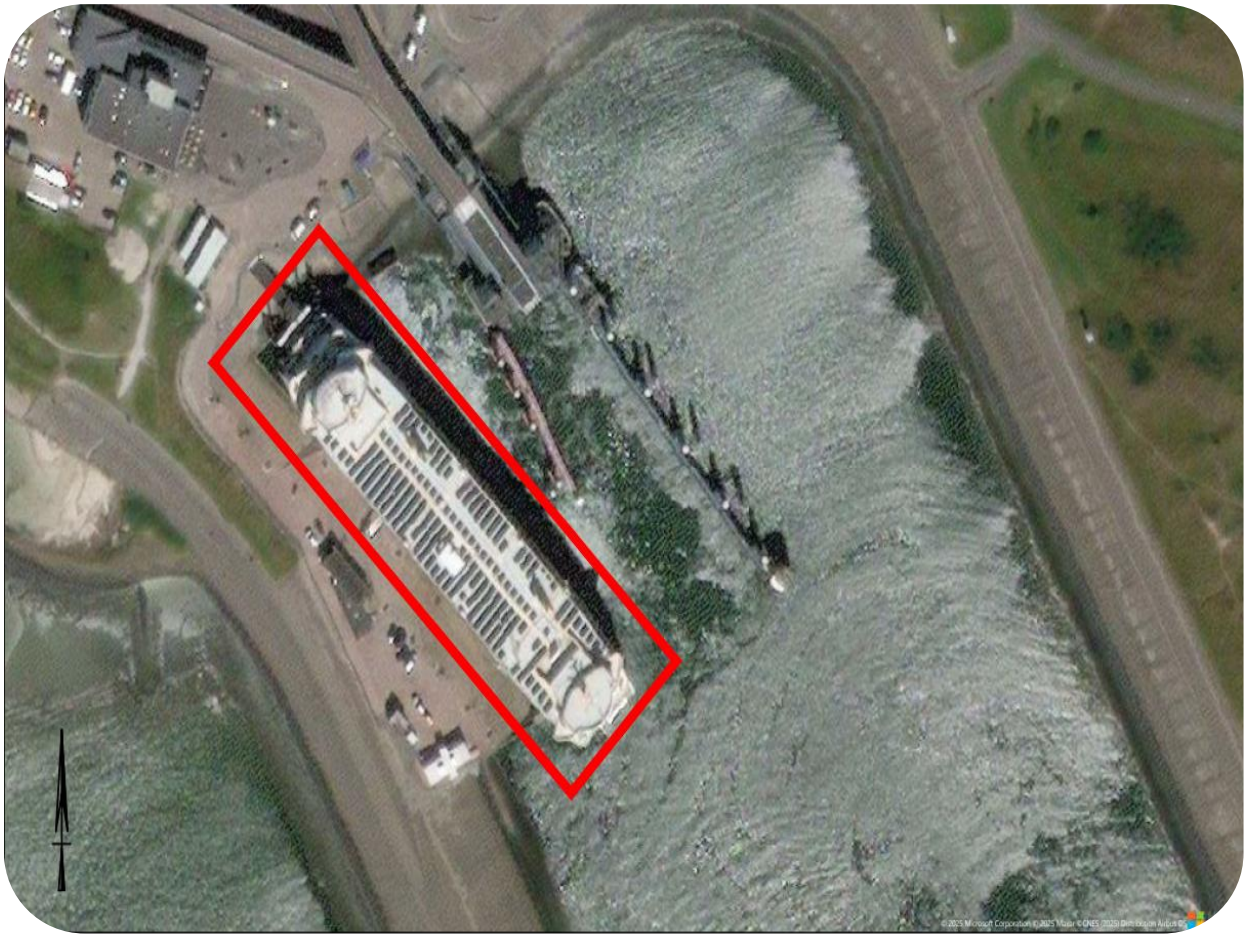
# Aanmeerpalen onderhoudskade te Texel

## Toetsing aanmeerpalen onderhoudskade



Documentnummer: 2025-2536/6 versie 3
Datum: 27 november 2025

Gemeente Texel .txl

Behoort bij besluit van de burgemeester van Texel,
zaaknummer: 3677723
kenmerk document: Bijlage 1/2
Burgemeester van Texel,
namens deze,
de heer L. Graanoogst
teamleider Vergunningen, Toezicht & Handhaving a.i.

mhpoly consultants engineers

BT Engineering

Loire 204
2491 AM Den Haag
tel: 070 4159002
Rabo 37.75.30.611

secretariaat@btengineering.nl
www.btengineering.nl
K.v.K. te Den Haag 23087854
BTW nr. NL806348288B01

# Algemene informatie

**Opdrachtnemer:**

BT Engineering (BTE)
Loire 204
2491 AM DEN HAAG
Telefoon (alg.): +31 (0)70 415 90 02

## Documentbeheer

| | |
|---|---|
| Documentnr: | 2025-2536/6 versie 3 |
| Datum: | 27 november 2025 |
| Titel: | Rapportage toetsing aanmeerpalen onderhoudskade |
| Project: | Aanmeerpalen onderhoudskade te Texel |
| Organisatie: | BT Engineering |
| Status: | Definitief |

| | | Paraaf: |
|---|---|---|
| Auteur: | ir. D. Fuente | |
| Controle: | ir. S. Kalanaki | |

# Inhoudsopgave

**Algemene informatie** ..... **ii**

**Documentbeheer** ..... **ii**

**Inhoudsopgave** ..... **iii**

**Bijlagen** ..... **iii**

**1 Inleiding** ..... **1**

**2 Projectgegevens** ..... **2**

2.1 Projectgegevens ..... 2

2.2 Gebruikte normen en referenties ..... 2

**3 Bodemopbouw en geohydrologie** ..... **3**

3.1 Beschikbaar geotechnisch en geohydrologisch onderzoek ..... 3

3.2 Maaiveldniveau ..... 3

3.3 Bodemopbouw ..... 3

3.4 Geohydrologie ..... 3

**4 Uitgangspunten en randvoorwaarden** ..... **4**

4.1 Geometrie ..... 4

4.2 Classificatie ..... 4

4.3 Toegepaste materialen ..... 5

4.4 Corrosie en kathodische bescherming ..... 5

4.5 Geotechnische uitgangspunten ..... 6

4.6 Aanvaarbelasting en botsenergie ..... 7

4.7 Modellering aanpak ..... 7

**5 Toetsing aanmeerpalen** ..... **9**

5.1 Rekenmodel ..... 9

5.2 Resultaten berekeningen en bepaling opneembare energie ..... 9

5.3 Toetsing lokale plooi ..... 11

5.4 Toets geotechnische stabiliteit ..... 11

5.5 Toets fixity check ..... 11

**6 Conclusies en aanbevelingen** ..... **13**

# Bijlagen

I Tekening nieuwe palen;

II Relevant grondonderzoek;

III Resultaten constructieve analyses;

IV Resultaten geotechnische analyses;

V Tekeningen en gegevens van kathodische bescherming.

# 1 Inleiding

Rijkswaterstaat heeft plannen voor aanpassingen aan de veerhaven van de TESO-veerboten te Texel. In deze haven bevindt zich ook een onderhoudskade. Deze kade bestaat uit damwandconstructie met betonnen deksloof. Aan de voorzijde van de kade zijn 7 + 1 stalen aanmeerpalen (Ø914 x 12,7 mm) geïnstalleerd die tevens als bescherming van de kade dienen te functioneren. Als bodembescherming is destijds een laagje gietasfalt (vanaf 0,5 m tot 1,5 m dikte) aangebracht. In 2024 zijn twee van deze palen volledig afgebroken ten hoogte van de gietasfaltlaag, zie Figuur 1.1. Uit inspecties [C] bleek dat de rest van de palen ook sterk gecorrodeerd zijn, waardoor hun draagcapaciteit sterk afgenomen is. Omdat de onderhoudskade weer veilig bruikbaar dient te zijn voor de veerboten TESO, is het besloten om de palen te vervangen.

Voor de nieuwe palen zijn MH Poly en BT Engineering gevraagd om een analyse uit te voeren en de nieuwe palen te ontwerpen. Het ontwerp en analyse van de nieuwe palen is verder door BT Engineering (BTE) in samenwerking met MH Poly gemaakt.

Door BT Engineering zijn de benodigde geotechnische en constructieve analyses uitgevoerd en de resultaten hiervan zijn in dit rapport opgenomen. De positie en de gegevens van de nieuwe palen zijn op de tekening in Bijlage I gepresenteerd.

*Figuur 1.1: Bestaande gecorrodeerde palen*

In versie 3 van het onderhavige rapport is uitgegaan van het niet toepassen van conservering ter bescherming van de palen tegen corrosie, maar is wél rekening gehouden met kathodische bescherming van de palen. De gevolgen hiervan en de nieuwe analyse op basis van de aangepaste uitgangspunten zijn in deze versie verder beschreven.

# 2 Projectgegevens

## 2.1 Projectgegevens

Ten behoeve van de uitgevoerde werkzaamheden zijn de volgende projectgegevens gebruikt:

[A] Tekening "Onderhoudskade Texel – Aanpassing tbv Texelstroom" van C-JOB met kenmerk 12.035 tekening nummer 000-XXX versie D, d.d. 15 november 2013;

[B] Rapportage "Berekeningen project Veerhavens Den Helder & Texel – Deel 4: Lange fuik remming Texel" van M.U.C. met kenmerk 04-5058 versie 3, d.d. 7 oktober 2005;

[C] Rapportage "Duikwerk" met kenmerk PR2025_2305 versie A, d.d. 5 februari 2025.

Daarnaast is gebruik gemaakt van mondeling en per email verstrekte informatie door de opdrachtgever.

## 2.2 Gebruikte normen en referenties

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de volgende normen en richtlijnen:

[D] NEN 9997-1:2017 "Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels", juni 2016;

[E] NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011+NB 2011 "Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp";

[F] NEN-EN 1993-1-1:2006+A1:2014+NB:2016 Staal - Algemene regels;

[G] Flexible Dolphins, CROW C1005, SBRCURnet, Delft, februari 2018;

[H] Gresnigt A.M. (1986). Plastic design of buried steel pipelines in settlement areas, TNO-Institute for Building Materials and Structures;

[I] NEN 6766 "Corrosie van stalen elementen in de ondergrond – Eisen voor ontwerp en toepassing", februari 2023.

Het ontwerp en de toetsingen zijn uitgevoerd in overeenstemming met de 8 algemene aannamen, zoals verwoord in paragraaf 1.3 van NEN 9997-1+C2:2017.

# 3 Bodemopbouw en geohydrologie

## 3.1 Beschikbaar geotechnisch en geohydrologisch onderzoek

Een overzicht van het beschikbaar gestelde en door BT Engineering BV gebruikte geotechnisch onderzoek is opgenomen in Tabel 3.1. Het gebruikte grondonderzoek is opgenomen in Bijlage II.

*Tabel 3.1: Overzicht beschikbaar geotechnisch onderzoek*

| Bron<br>[-] | Relevant onderzoek<br>[-] | Afstand tot de projectlocatie<br>[m] | Diepte<br>[m NAP] |
|---|---|---|---|
| Rapportage [B] | 4 sonderingen | 30 tot 40 | – 30,0 m |

## 3.2 Maaiveldniveau

Het bodemniveau ter plaatse van de palen ligt op NAP – 7,0 m, conform tekening [A].

## 3.3 Bodemopbouw

Uit interpretatie van het beschikbare geotechnisch onderzoek is een algemeen beeld van de bodemopbouw ter plaatse van de projectlocatie bepaald. De globale bodemopbouw is weergegeven in Tabel 3.2.

*Tabel 3.2: Globale bodemopbouw*

| Grondlaag nr.<br>[-] | Niveau grondlaag<br>[-] | Grondsoort<br>[-] |
|---|---|---|
| 1 | Vanaf NAP – 7,0 m (= bodem)<br>tot NAP – 8,0 m | Toplaag: bestaand gietasfalt [1)] |
| 2 | Vanaf NAP – 8,0 m<br>tot NAP – 15,0 m | Zand, los tot matig gepakt |
| 3 | Vanaf NAP – 15,0 m<br>tot maximaal verkende diepte (NAP – 30,0 m) | Zand, vast gepakt |
| [1)] De bestaande bovenste laag van de bodem bestaat uit zinkstukken en gietasfalt. De dikte van deze laag varieert tussen 0,5 m en 1,5 m. | | |

## 3.4 Geohydrologie

Het waterniveau varieert tussen NAP + 3,30 m tot NAP + 3,25 (extreem hoog water) en NAP – 2,5 m tot NAP – 2,6 m (extreem laag water), conform [A].

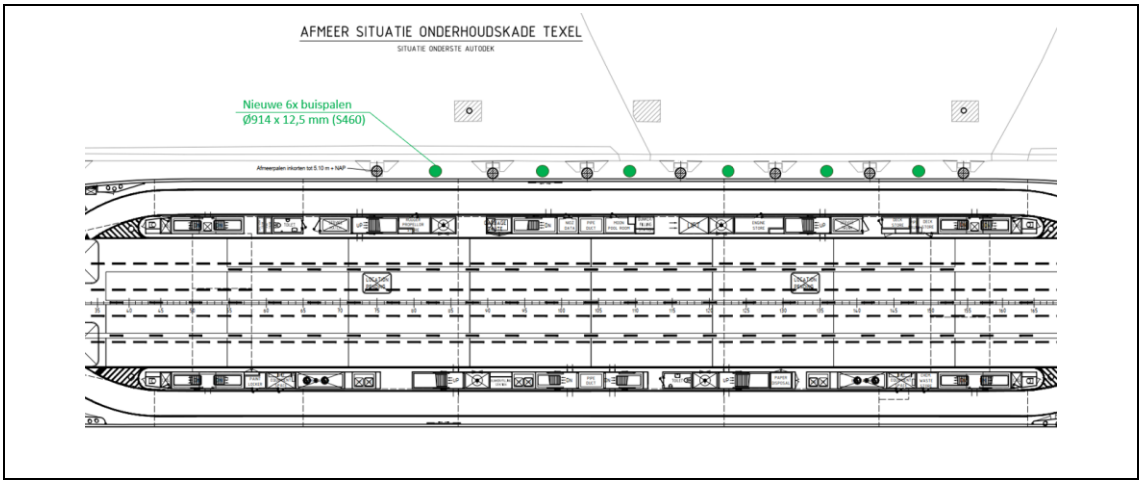
# 4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden voor de toetsing van de aanmeerpalen opgenomen.

## 4.1 Geometrie

De bestaande zeven palen vóór de kademuur worden vervangen door zes nieuwe palen Ø914 x 12,5 mm (S460). Tussen de palen en de kadeconstructie is er een vrije ruimte zodat de palen elastisch kunnen vervormen en de energieabsorptie bij een aanvaring mogelijk te maken. Op basis van duik inspectie, [C], en op het niveau van bodem staan de palen op een gemiddelde afstand van 80 cm ten opzichte van de damwand. Op dit niveau is geen deksloof aanwezig. Hierdoor is aangehouden dat de afmeerpaal op het niveau bovenkant op een afstand van 60 cm ten opzichte van de kadeconstructie staat. Dit komt overeen met de tekening [A]. In dit rapport wordt geanalyseerd dat de maximale verplaatsing van de paal kleiner is dan deze afstand, om de bestaande kadeconstructie te beschermen.

De nieuwe palen worden in het midden van twee de bestaande palen geplaatst. De positie van de nieuwe aanmeerpalen is weergegeven in Figuur 4.1.




*Figuur 4.1: Geometrie en positie van de aanmeerpalen*

De paalkop wordt op hetzelfde niveau als de bestaande palen, op NAP + 5,1 m, aangehouden. Het de paalpunt van de nieuwe palen betreft NAP – 19,0 m. Het paalpuntniveau van de nieuwe palen is aan de hand van de berekeningen bepaald die verder beschreven zijn.

## 4.2 Classificatie

Voor de constructieve berekeningen van de palen geldt het volgende:

- De aangehouden ontwerplevensduur is 15 jaar (tot 2040). Deze eis is opgesteld door de opdrachtgever;

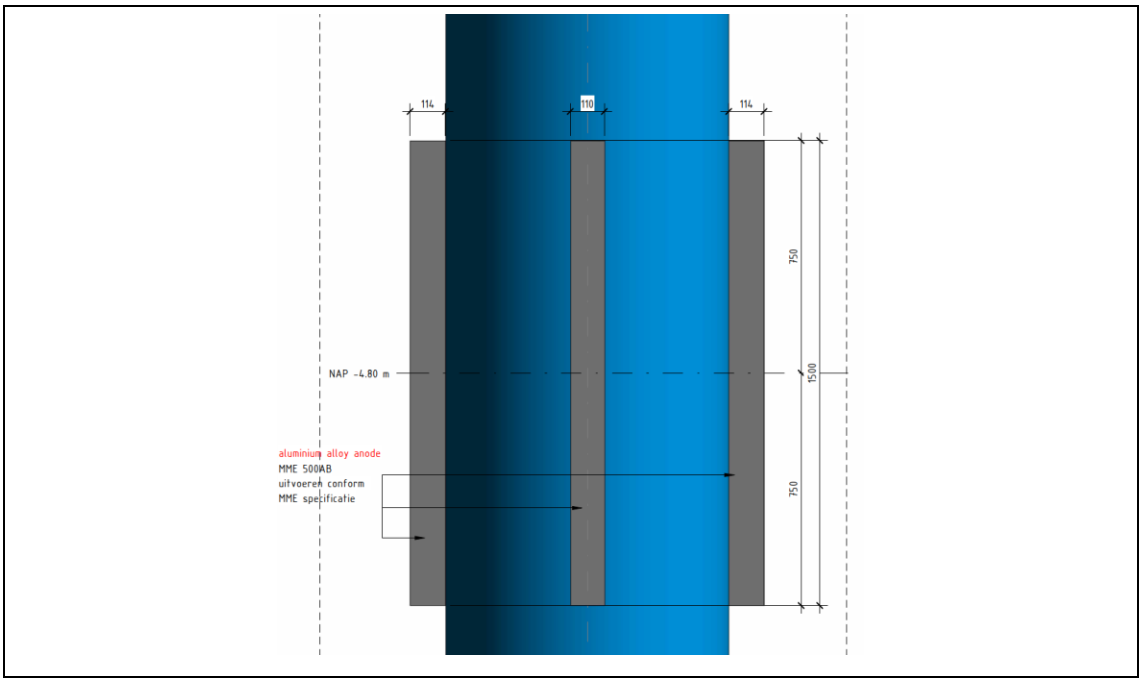
- De constructie is ingedeeld in betrouwbaarheidsklasse RC2 en de gevolgklasse CC2 conform NEN-EN 1990 [E] Tabel NB.24 – B1;
- De uitvoeringsklasse van de nieuwe palen betreft EXC3.

## 4.3 Toegepaste materialen

Voor de constructiestaal is S460 toegepast als materiaalkwaliteit.

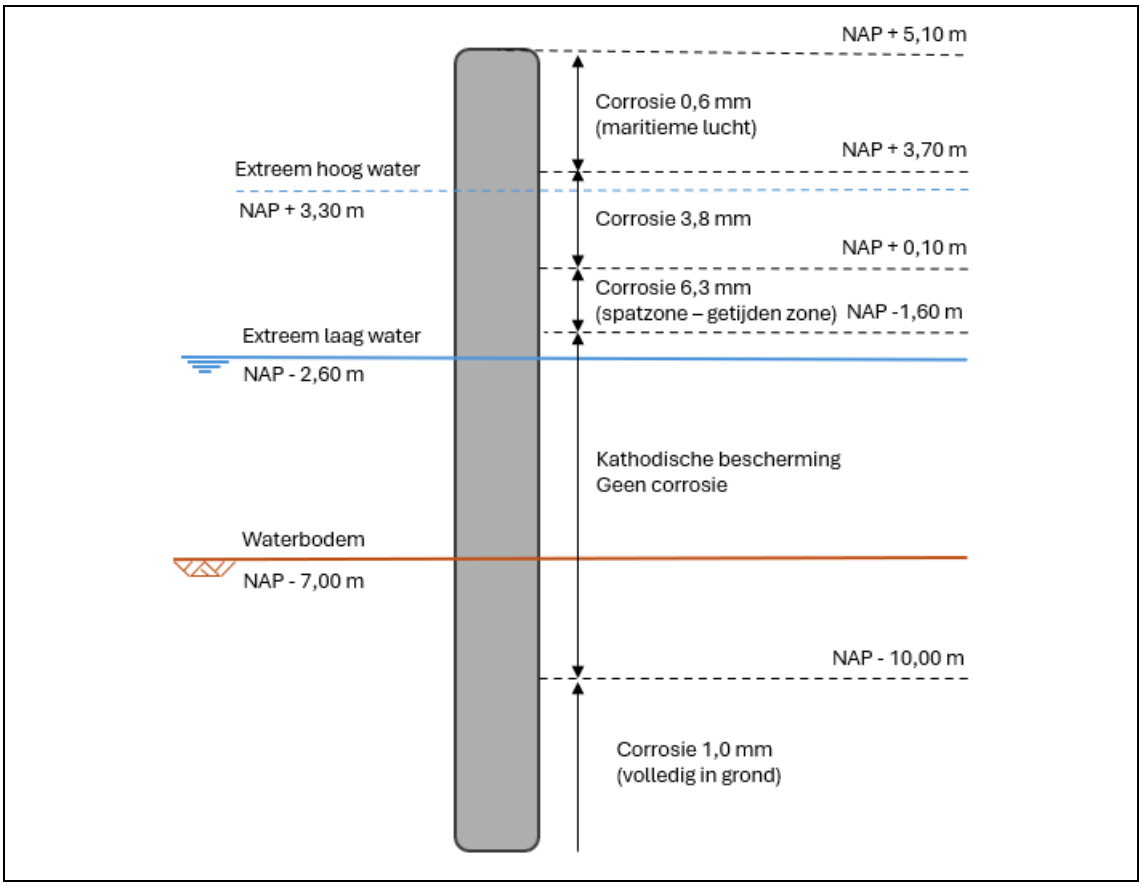
## 4.4 Corrosie en kathodische bescherming

Gelet op de wanddikte afname uit de duikinspectie [C], de beoogde levensduur en de benodigde sterktecapaciteit van de palen, is het noodzakelijk om de nieuw te installeren buizen te beschermen tegen corrosie. Voor de nieuwe palen is gekozen om kathodische bescherming toe te passen. Conform de documenten van de leverancier van de kathodische bescherming, dienen per paal 3 anodes toegepast te worden. De specificatie van de toe te passen anodes is in Bijlage V opgenomen. De configuratie is op de tekening in Bijlage I en in Figuur 4.2 weergegeven. Behalve de anodes zijn er verder geen conservering en coating benodigd.




*Figuur 4.2: Plaatsing 3 anodes per paal*

De kathodische bescherming zal het paaldeel onderwater volledig beschermen tegen corrosie gedurende de levensduur van de paal. Conform de gegevens van de leverancier en op basis van ervaring, is rekening gehouden dat de palen vanaf 3 m onder bodem (NAP – 10,0 m) tot 1 m boven het niveau extreem laagwater (NAP – 1,6 m) volledig bescherm zullen worden tegen corrosie. Voor de andere delen is corrosie in rekening gebracht conform NEN 6766 [I], zie ook Bijlage III. De aangehouden corrosie in de constructieve berekening is in Figuur 4.3 weergegeven.

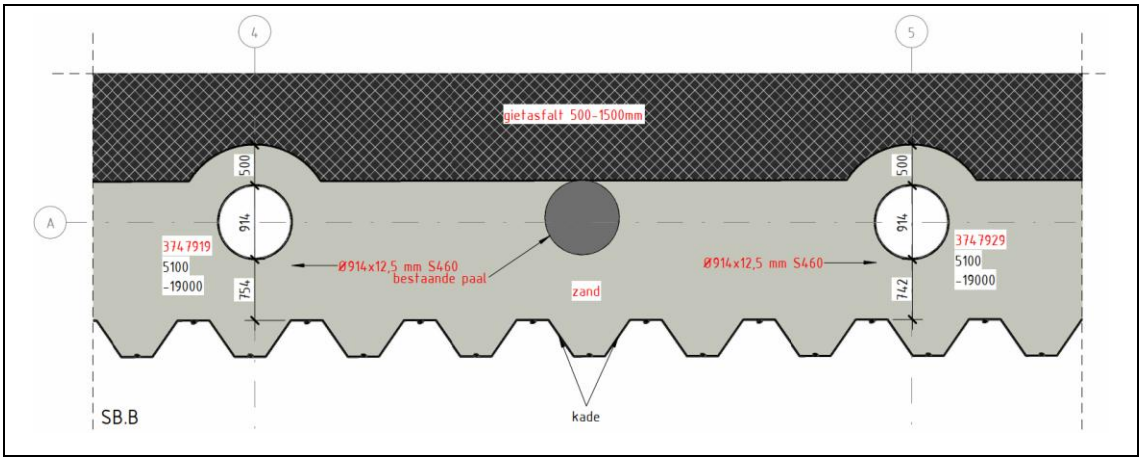



*Figuur 4.3: Aangehouden corrosie*

## 4.5 Geotechnische uitgangspunten

De grondopbouw is conform beschikbaar grondonderzoek uit [B] aangehouden, zie Tabel 3.2. Voor de constructieve berekening zijn de grondlagen conform Flexibel Dolphins [G] omgezet naar niet-lineaire veertjes met behulp van P-Y curve methode. Bij de toetsing van de aanmeerpalen wordt de grondstijfheid (gemodelleerd met p-y curves) bepaald op basis van hoog karakteristieke waarden van de grondparameters, conform [G]. Het rekenen met hoog karakteristieke waarden van de grondparameters leidt immers tot relatief kleinere vervormingen en daarmee tot een veilige inschatting van de opneembare energie. De berekening van de p-y curves is opgenomen in Bijlage III.

Op basis van de eerste uitgevoerde indicatieve analyses blijkt dat de aanwezigheid van de stijve gietasfaltlaag op de bodem een grote invloed heeft op de energiecapaciteit van de palen. Deze laag biedt een weerstand tegen vervorming van de paal en zorgt voor extra spanning in de paal op het niveau bovenkant van de laag. Hierdoor om voldoende capaciteit in een alleen staande paal te kunnen hebben, dient de gietasfaltlaag rondom de paal en aan de achterzijde van de paal (tussen de paal en de kade) verwijderd en door losgepakt zand aangevuld te worden. De te verwijderen laag is in Figuur 4.4 schematisch weergegeven, zie ook de tekening in Bijlage I.




*Figuur 4.4: Door zand te vervangen gietasfaltlaag (schets niet op schaal)*

Ter plaatse van de paalpunt (onderkant paal) is een verticale veer gemodelleerd met een stijfheid van 500 MN/m als verticale ondersteuning.

## 4.6 Aanvaarbelasting en botsenergie

De maximale botsenergie van het schip op de aanmeerpalen bedraagt 54 kNm (rekenwaarde). Deze berekening is opgenomen in Bijlage III. De invoer voor de berekening van de energie is een afmeersnelheid van 0,75 m/s en een afmeerhoek van 15 graden. De aangehouden afmeersnelheid is afgestemd met Rijkswaterstaat. De afmeerhoek volgt uit de berekening uit het rapport [B]. De opdrachtgever is akkoord gegaan met het gebruik van dezelfde hoek (15 graden).

De verplaatsing van de paalkop absorbeert de botsenergie van het schip. Bij de toetsing van de palen is rekening gehouden met een kracht als gevolg van de wrijving tussen het schip en de paal. De maximale wrijvingskracht die hoort bij deze impactbelasting is aangenomen als 50% (μ = 0,5) van de loodrechte kracht, conform Flexible Dolphins [G].

## 4.7 Modellering aanpak

Met betrekking tot de modellering en analyse van de aanmeerpalen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De modellering en berekeningsmethode is conform de norm Flexible Dolphins [G]. Conform Tabel 6-7 uit [G] zijn de constructieve toetsingen (B1 en B2) met hoge rekenwaarde van de grondparameters uitgevoerd. De toetsing van B3 (geotechnische toetsing) is uitgevoerd met lage rekenwaarde grondparameters. De vervormingstoets (B4) is niet van toepassing;
- "Fixity check" is conform [G] en met behulp van D-Sheet Piling uitgevoerd. Deze berekening bepaald de benodigde lengte van de paal. De invoer- en uitvoerparameters van deze berekening zijn opgenomen in Bijlage IV;
- De paal is constructief getoetst inclusief controle op lokale plooi ("Local buckling")

conform Flexible Dolphins [G] paragraaf 3.8, zie ook Bijlage III;

- De aanvaring vindt plaats op een niveau van NAP +4,80 m (30 cm onder de paalkop);
- In SCIA-Engineer zijn de grondlagen als niet-lineaire veren over de lengte van de palen gemodelleerd. De parameters en stijfheden van deze veren zijn conform de p-y curve methode bepaald conform [G]. In de berekening wordt rekening gehouden met de reductiefactoren als gevolg van het paalgroepseffect, volgens de methoden van Reese en Van Impe. De veerkarakteristieken en bijbehorende grafieken zijn opgenomen in Bijlage III.

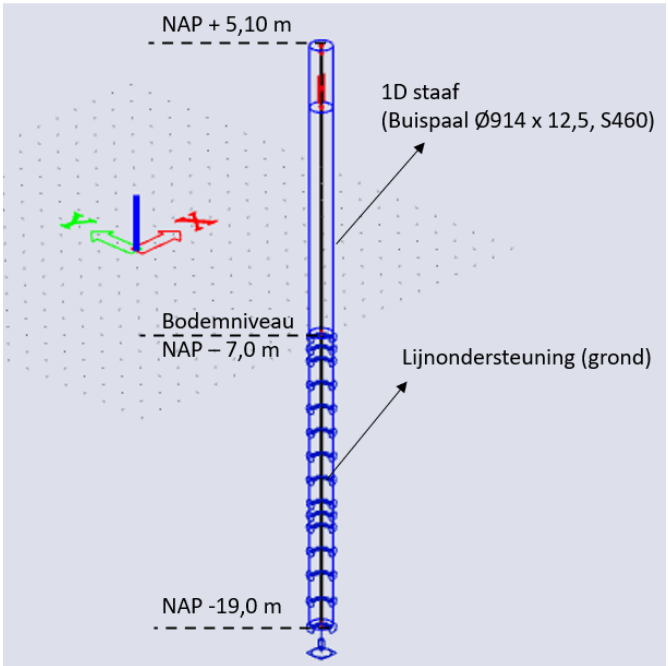
# 5 Toetsing aanmeerpalen

In onderhavig hoofdstuk is de constructieve toetsing van de aanmeerpalen gepresenteerd.

## 5.1 Rekenmodel

De berekeningen zijn uitgevoerd in SCIA Engineer 25.1. De buispaal is gemodelleerd als een uitkragende 1D staaf die verend ondersteund wordt door de grond rondom de paal. De buispaal is ondersteund met een uniforme bedding (p-y curve), zie ook Bijlage III.

Het rekenmodel is schematisch weergegeven in Figuur 5.1.




*Figuur 5.1: Rekenmodel van de aanmeerpaal*

## 5.2 Resultaten berekeningen en bepaling opneembare energie

In Tabel 5.1 zijn de resultaten van de opneembare energie weergegeven. De resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in Bijlage III.

*Tabel 5.1: Resultaten toetsing en bepaling opneembare energie*

| **Maximale botsenergie** $E_{kin}$ **[kNm]** | **Kracht (aanvaring)** **F** **[kN]** | **Vervorming** **U** **[mm]** | **Stijfheid** **k** **[kN/m]** | **Opneembare energie** [1] $E_{pot}$ **[kNm]** |
|---|---|---|---|---|
| 54 | 230 | 489 | 471 | 56 |
| [1] $E_{pot}$ = 0,5 * F * u. | | | | |

Op basis van de resultaten van de berekeningen wordt geconcludeerd dat de constructie de optredende aanvaar energie volledig kan opnemen.

Een uitdraai van de SCIA uitvoer met de verkregen resulterende snedekrachten is opgenomen in Bijlage III. Op basis van de uitgevoerde berekening zijn de maatgevende oplegreacties en de snedekrachten in de paal bepaald. De maatgevende resultaten zijn samengevat en weergegeven in Tabel 5.2.

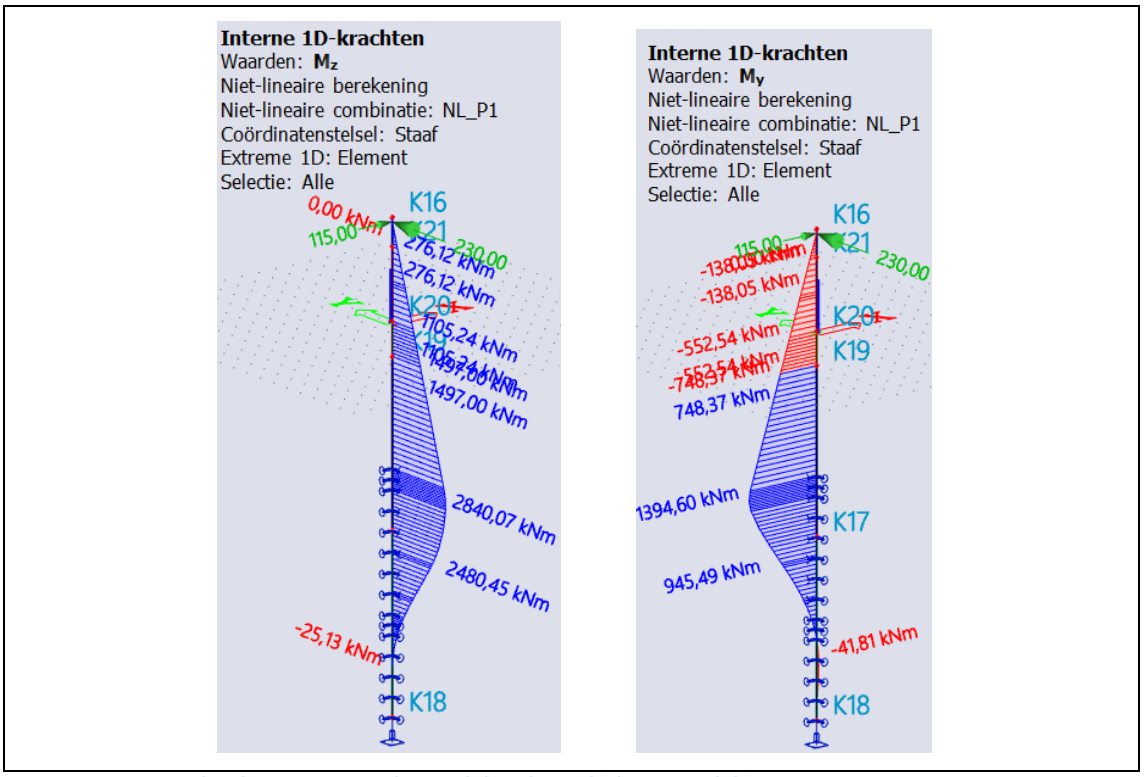
*Tabel 5.2: Maximaal optredende snedekrachten (UGT)*

| Element<br>[-] | Dikte<br>[mm] | Buigend moment [1)]<br>$M_{Ed}$<br>[kNm] | Dwarskracht [1)]<br>$V_{Ed}$<br>[kN] | Normaal-kracht<br>$N_{Ed}$<br>[kN] | Sterkte Unity Check<br>U.C.<br>[-] |
|---|---|---|---|---|---|
| Buispaal Ø914 | 12,5 | 3163 | 561 | 58 | 0,92 [2)] |

[1)] Combinatie van de resulterende kracht in beide richtingen $\sqrt{M_{Ed,y}^2 + M_{Ed,z}^2}$ of $\sqrt{V_{Ed,y}^2 + V_{Ed,z}^2}$;
[2)] Toetsing lokale plooi van de buispaal in paragraaf 5.3.

De controle van SCIA-Engineer is een elastische controle, omdat de buispaal een profiel van doorsnedeklasse 4 is, is een plooicontrole vereist. De toetsing en resultaten van de plooicontrole zijn opgenomen in paragraaf 5.3. Uit de resultaten blijkt dat de buispaal voldoet aan deze toetsing.

De maatgevende buigende momenten zijn weergegeven in Figuur 5.2.



*Figuur 5.2: Optredende maatgevende snedekrachten (rekenwaarde)*

## 5.3 Toetsing lokale plooi

De palen zijn op lokale plooi getoetst. Deze toetsing is voor de maatgevende momentcombinatie uitgevoerd conform Flexible Dolphins [G]. De maatgevende situatie bevindt zich in de buispaal op NAP – 9,0 m (maximaal buigmoment). Voor de buis is uitgegaan van productieklasse B, dit is een conservatieve aanname.

De grondreactie op NAP – 9,0 m is hiervan in rekening gebracht voor de toets op ovalisatie. Hierbij is rekening gehouden met zand in de buis. De stijfheid van het zand is aangehouden op 10 MPa, bepaald op basis van de aanwezige sondering. Dit is een conservatieve aanname omdat de grondlaag op NAP – 9,0 m uit los tot matig gepakt zand bestaat. Deze laag wordt tijdens de uitvoering van de buizen nog extra verdicht door trillingen. Dit zal gunstig effect hebben op de stijfheid en dus ook toetsing. De toetsing en resultaten zijn opgenomen in Bijlage III. Uit de resultaten blijkt dat de palen voldoen aan deze toetsing.

## 5.4 Toets geotechnische stabiliteit

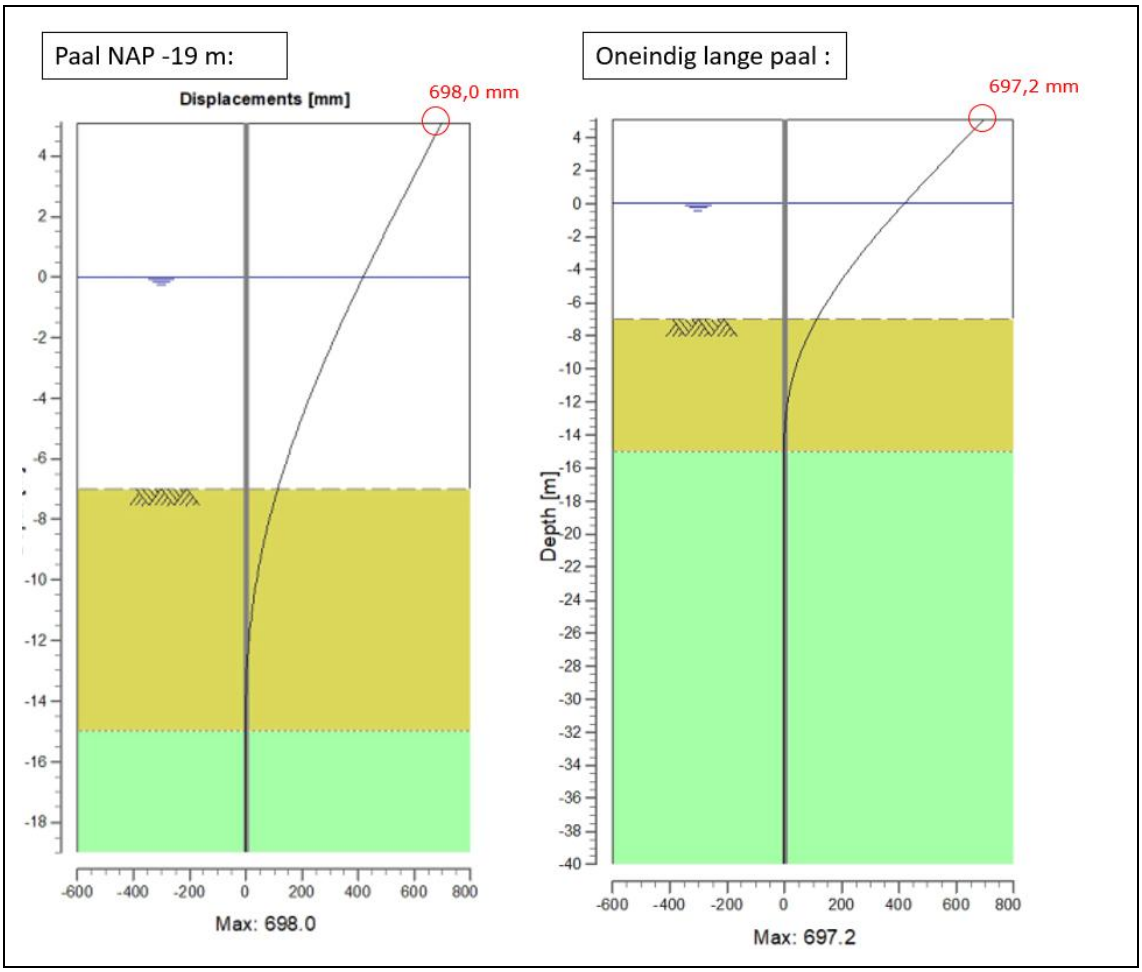
Conform de ontwerpmethode in [G] is een toets op de geotechnische stabiliteit van de paal uitgevoerd. Daarnaast wordt met deze toetsing aangetoond dat de constructie eerder constructief zal bezwijken dan dat de grond bezwijkt, waardoor een meer gecontroleerd faalmechanisme optreedt.

De toetsing is uitgevoerd voor de stalen buispaal Ø914-12,5 mm. De toetsingen zijn uitgevoerd in het programma D-Sheet Single Pile. Hiervoor is 1 paal gemodelleerd, en is deze belast met een horizontale kracht die een moment genereert dat dicht bij het maximale moment ligt. Bij deze belasting is vervolgens getoetst of de grond niet bezwijkt. In het programma D-Sheet Single Pile is de grond-constructie-interactie gemodelleerd met behulp van horizontale beddingsconstanten, bepaald met behulp van de methode Ménard. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage IV.

Uit de vervormingslijn blijkt dat de punt van de paal niet roteert, zie Figuur 5.3. Hieruit blijkt dat de paalpunt is ingeklemd in de grond. De maximale gemobiliseerde passieve grondweerstand bedraagt 9,9%. Er is nog voldoende resterende capaciteit in de grond.

## 5.5 Toets fixity check

Conform de ontwerpmethode in [G] is een toets op de vastheid van de paalpunt uitgevoerd (*fixity check*). Het maximale horizontale verplaatsingsverschil tussen de ontworpen paal en een oneindig lange paal moet kleiner zijn dan 2%. De berekening is uitgevoerd in D-Sheet Piling. Er wordt aangenomen dat de lengte van een oneindig lange paal tot NAP – 40,0 m bedraagt. De vervormingslijnen van beide palen zijn weergegeven in Figuur 5.3.




*Figuur 5.3: Resultaten fixity check - vervormingslijnen*

Horizontale verplaatsingsverschil = (698,0 – 697,2) / 697,2 = 0,1 % < 2,0 % → Voldoet

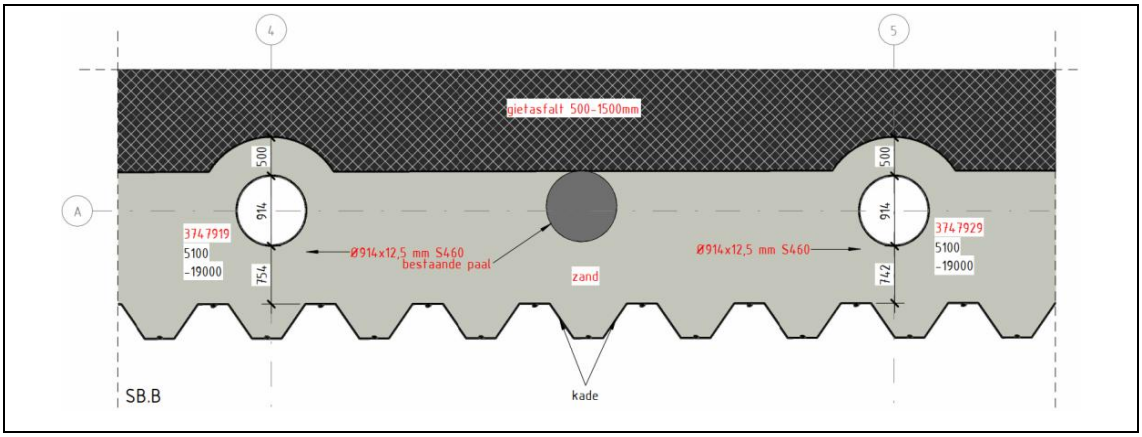
# 6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn de verschillende constructieve en geotechnische aspecten van de aanmeerpalen beschouwd en getoetst. In Tabel 6.1 is een samenvatting van de palen weergegeven.

*Tabel 6.1: Overzicht ontwerp*

| Element [-] | Paal [-] | Wanddikte [mm] | Paalkop niveau [m NAP] | Paalpunt niveau [m NAP] | Staalkwaliteit [-] |
|---|---|---|---|---|---|
| Aanmeerpaal | Buispaal Ø914 | 12,5 | + 5,10 | – 19,0 | S460 |

De gietasfaltlaag rondom de paal en aan de achterzijde van de paal (tussen de paal en de kade) moet worden verwijderd en door losgepakt zand aangevuld te worden. De te verwijderen laag is in Figuur 6.1 weergegeven.



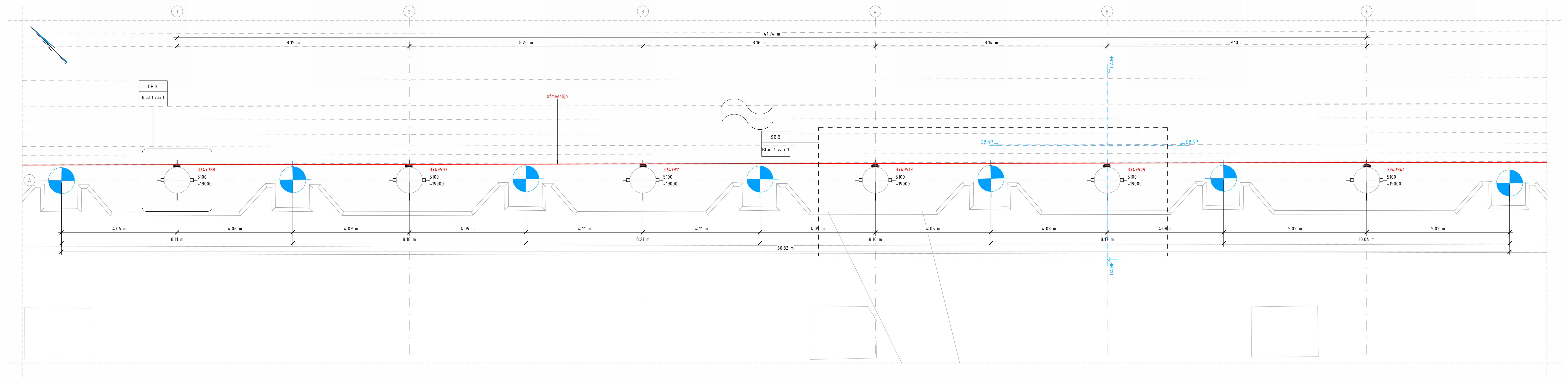

*Figuur 6.1: Door zand te vervangen gietasfaltlaag (schets niet op schaal)*

Boven op het zand kan steenbestorting worden toegepast, zolang er geen cement of gietasfalt wordt gebruikt (de stenen moeten vrij kunnen bewegen). Daarnaast moeten de palen zich ook aan de bovenzijde vrij kunnen verplaatsen. Daarom mag er geen fender tussen de palen en de kade worden geplaatst. Er dient een minimale afstand van 500 mm tussen de palen en de kade aanwezig te zijn. Om vrije vervorming mogelijk te maken, mag er daarom geen fender tussen de palen en de kade worden geplaatst.

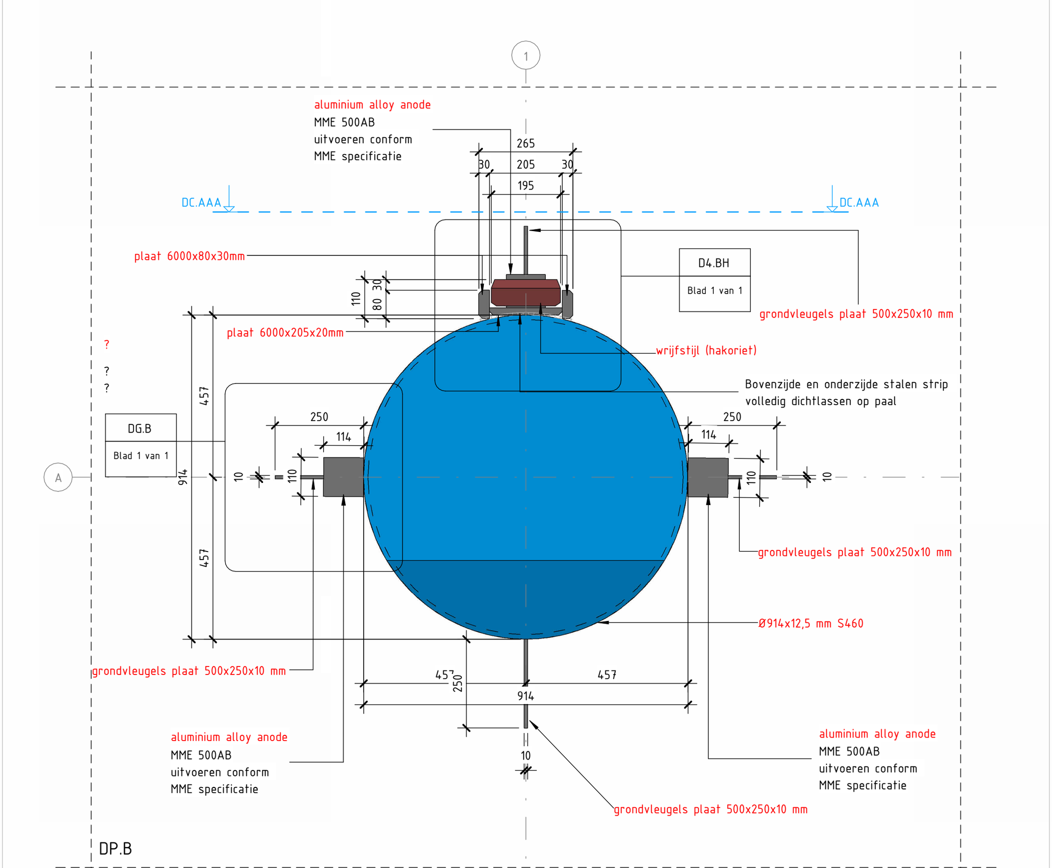
Voor de nieuwe palen is gekozen om kathodische bescherming toe te passen. Conform de documenten van de leverancier van de kathodische bescherming, dienen per paal 3 anodes toegepast te worden. De specificatie van de toe te passen anodes is in Bijlage V opgenomen. Behalve de anodes zijn er verder geen conservering voor de palen benodigd.

# Bijlage I

## Tekening nieuwe palen

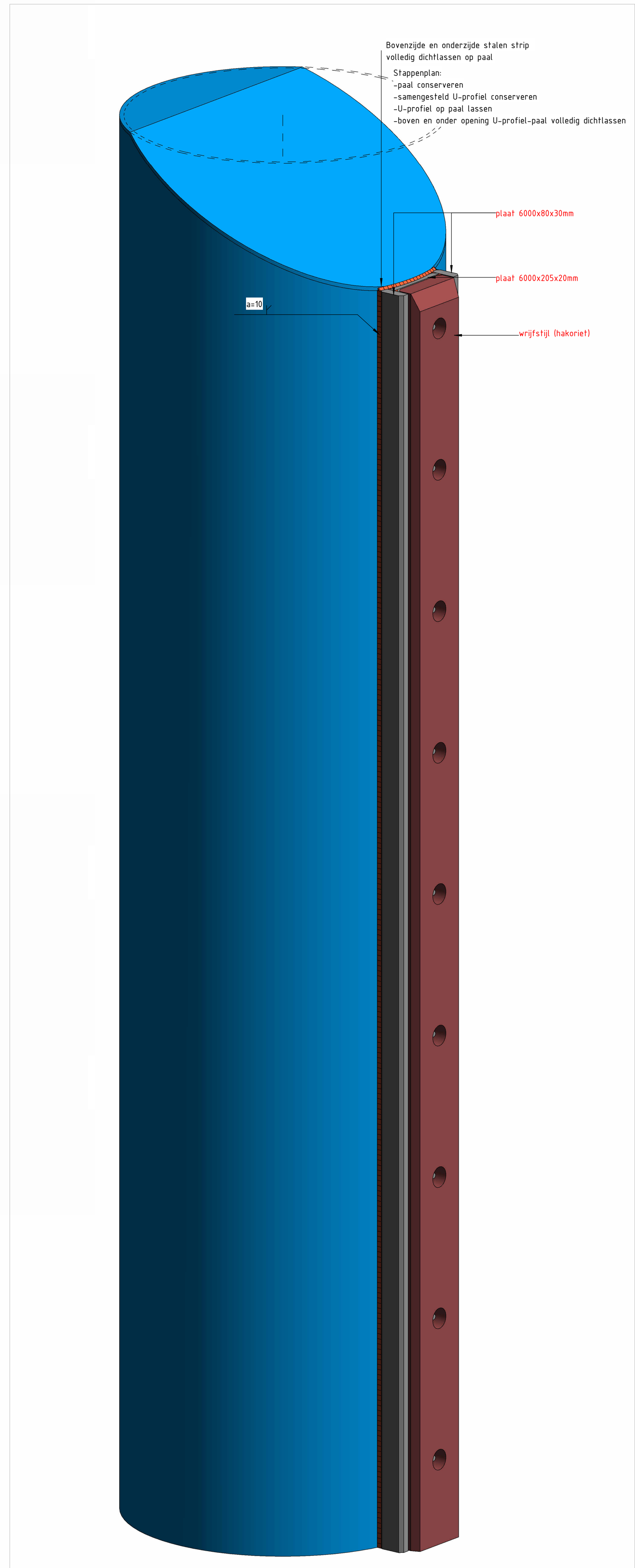


PB - Palenplan. Bovenaanzicht - schaal 1 : 50

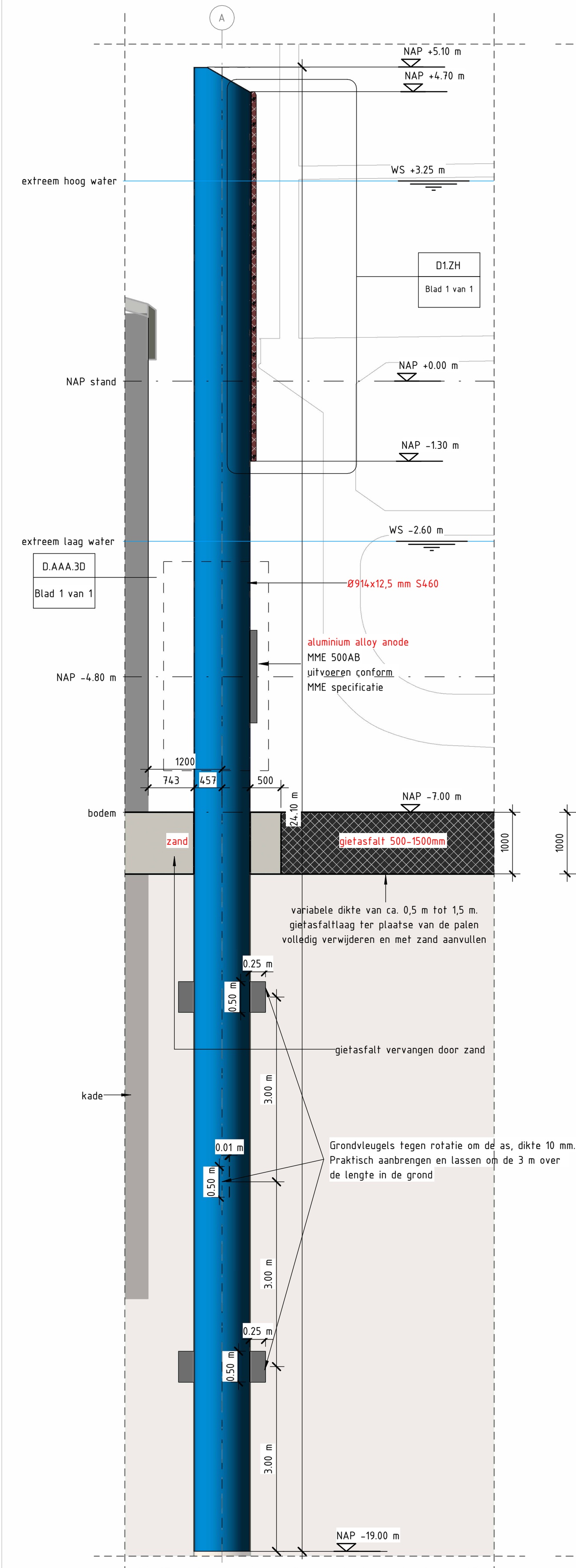


DP.B

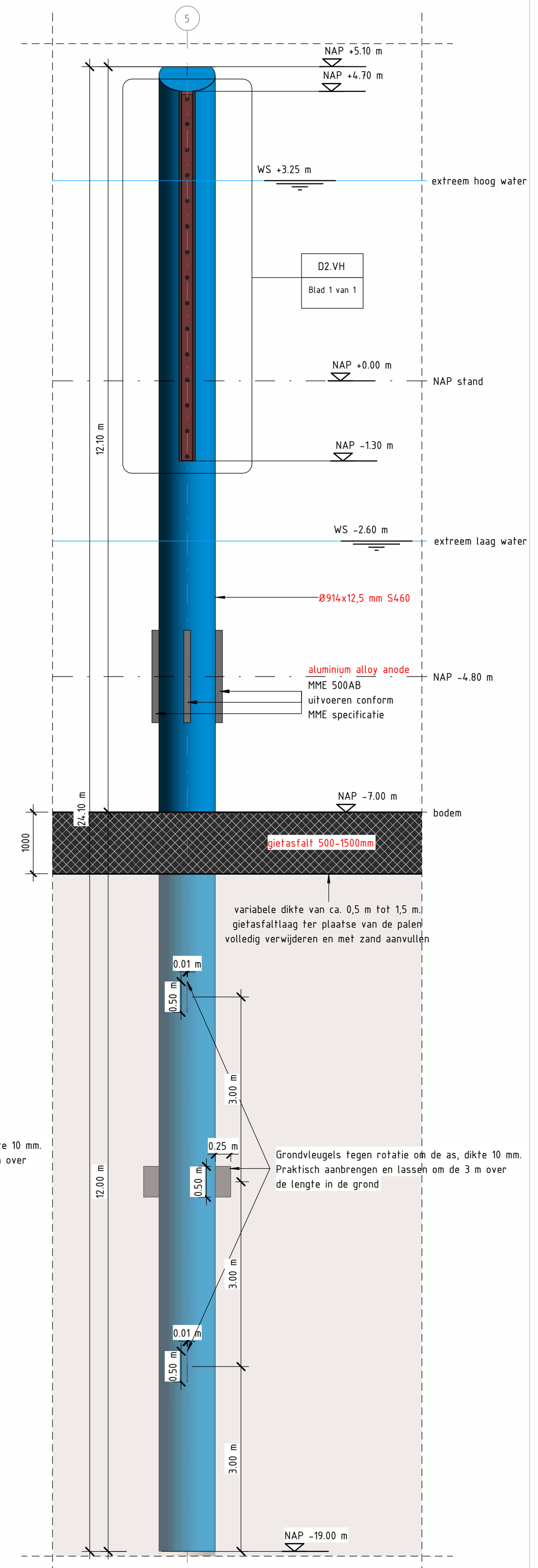
Detail Paal. Bovenaanzicht - schaal 1 : 10



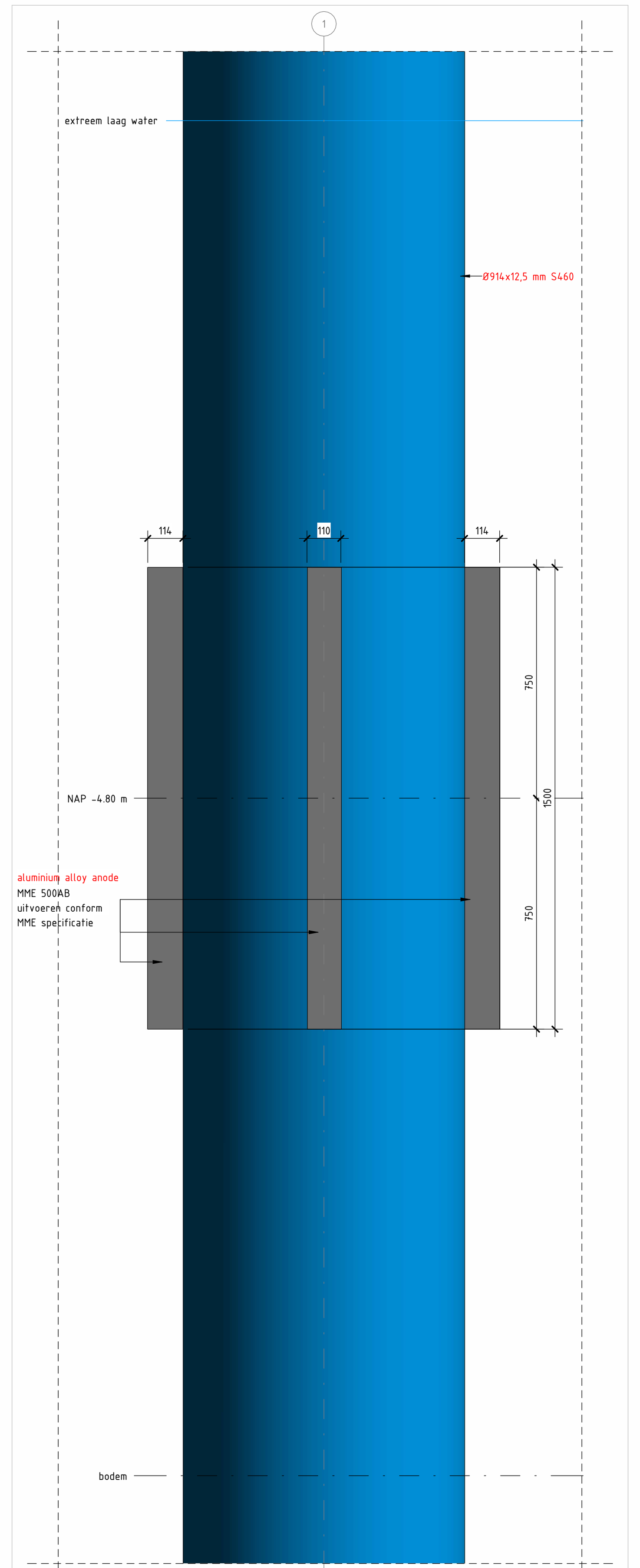
DP.3D - Detail Paal. 3D



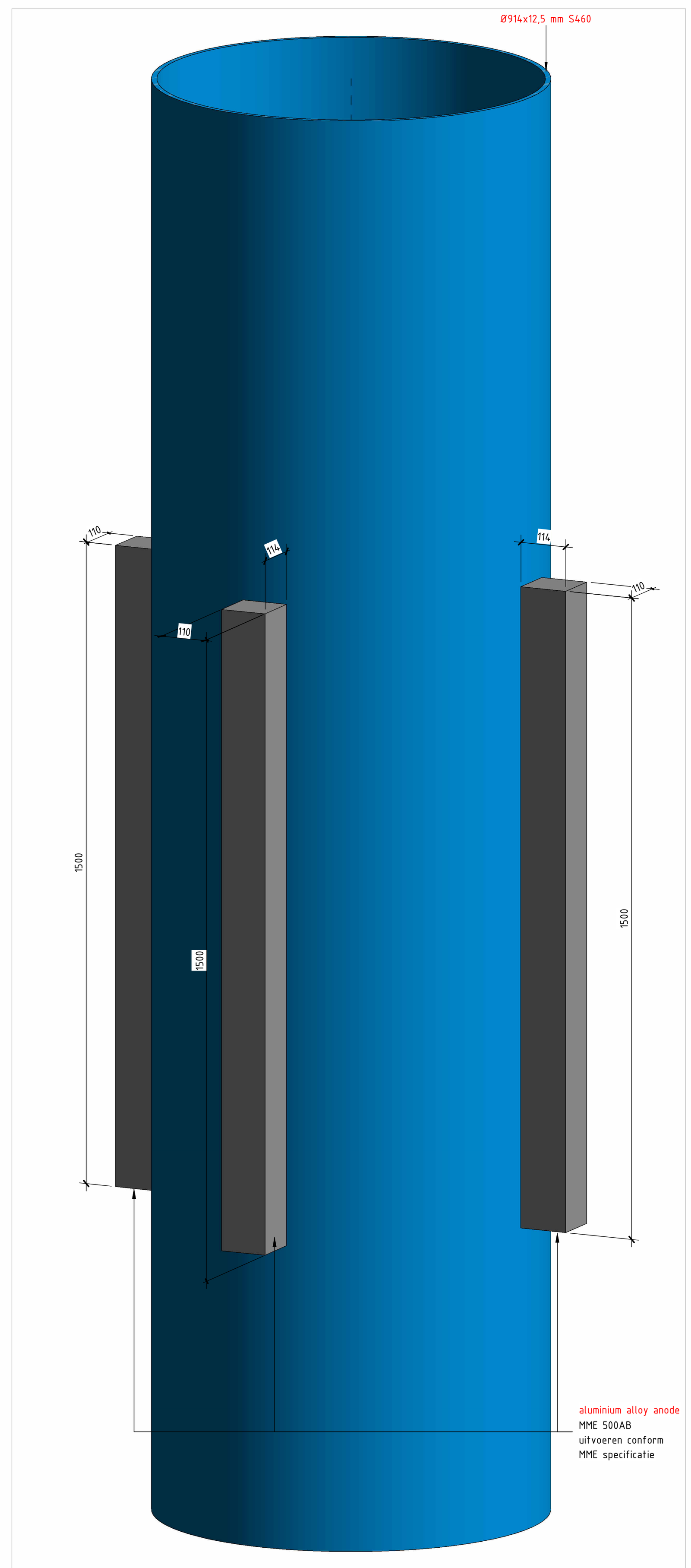
DA.NP - Doorsnede A. Nieuwe Paal - schaal 1 : 50



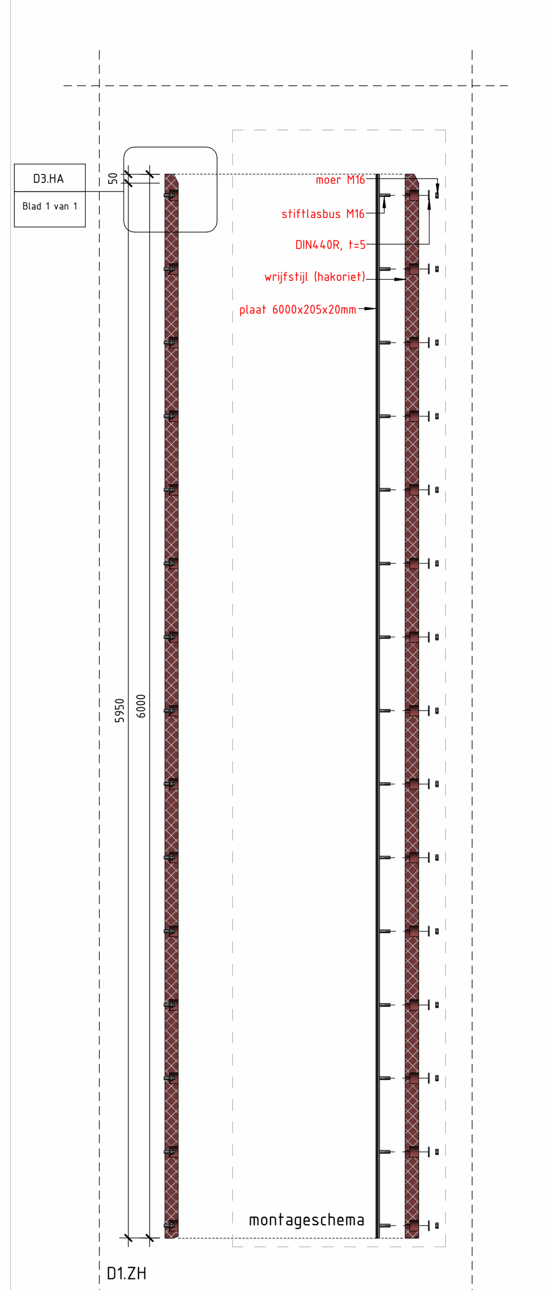
DB.NP - Doorsnede B. Nieuwe Paal - schaal 1 : 50



DC.AAA - Doorsnede C. Aluminium Alloy Anode - schaal 1 : 10

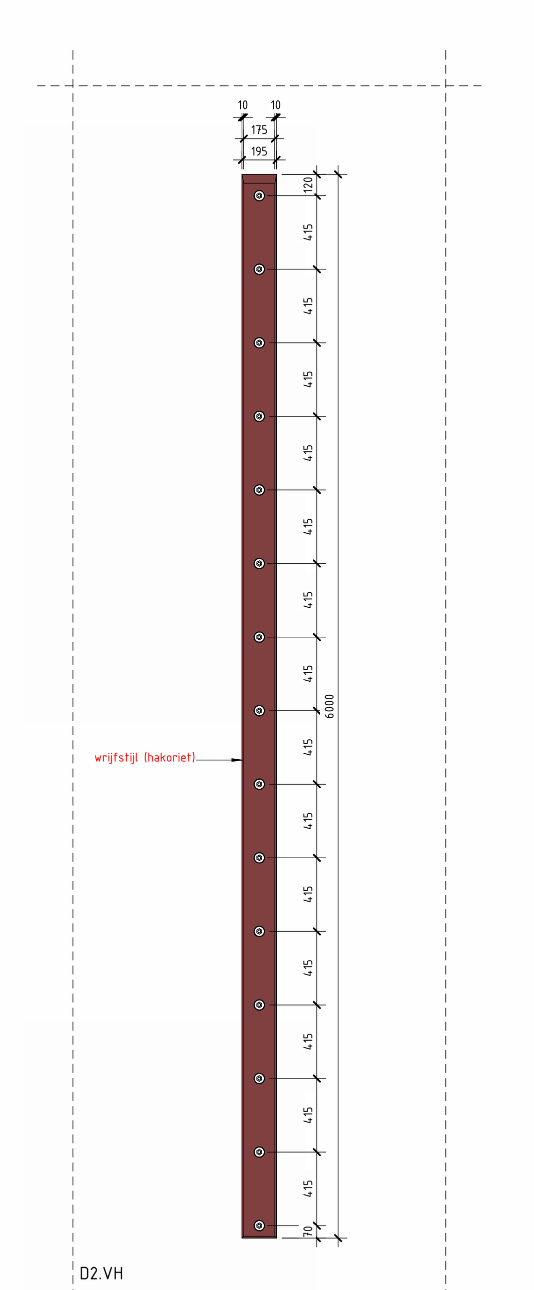


D.AAA.3D - Detail Aluminium Alloy Anode. 3D



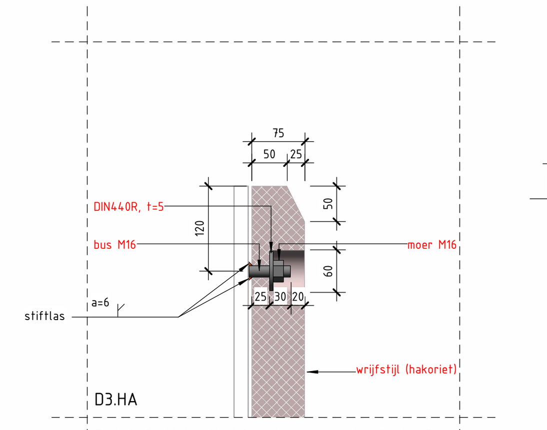
D1.ZH

Detail 1. Zijaanzicht Hakoriet - schaal 1 : 20



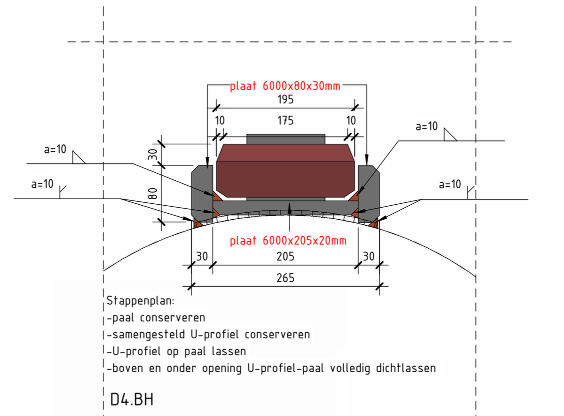
D2.VH

Detail 2. Vooraanzicht Hakoriet - schaal 1 : 20



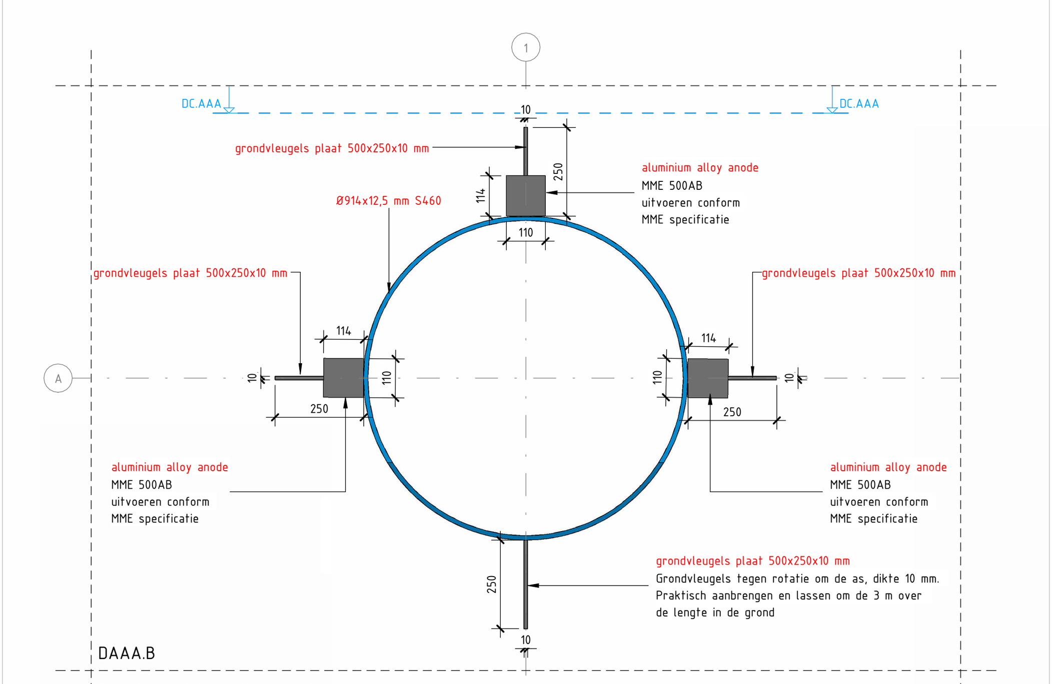
D3.HA

Detail 3. Hakoriet Afmetingen - schaal 1 : 5



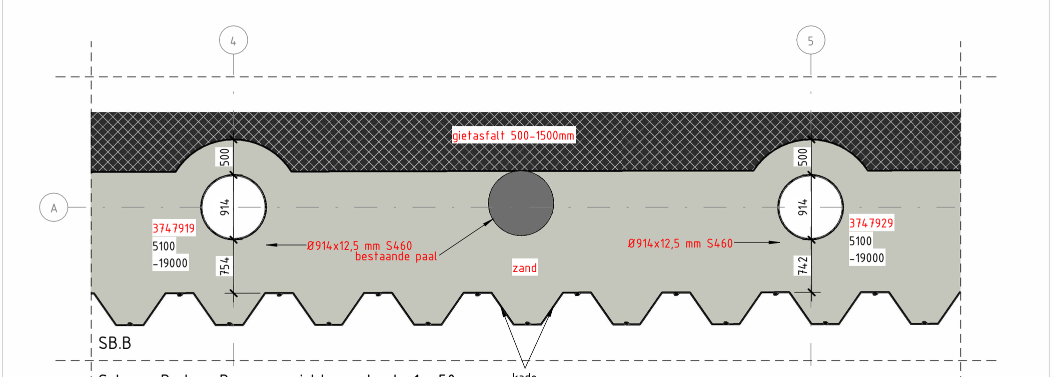
D4.BH

Detail 4. Bovenaanzicht Hakoriet - schaal 1 : 5



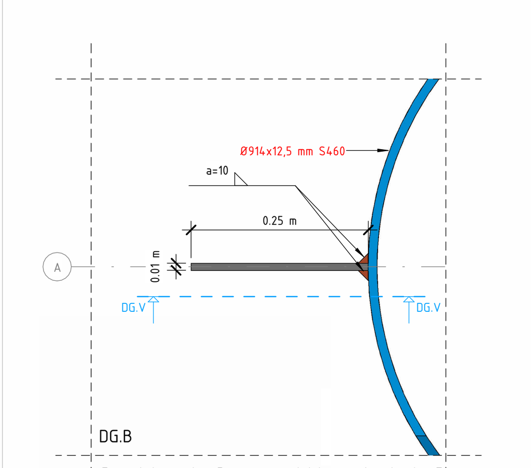
DAAA.B

Detail Aluminium Alloy Anode. Bovenaanzicht - schaal 1 : 10



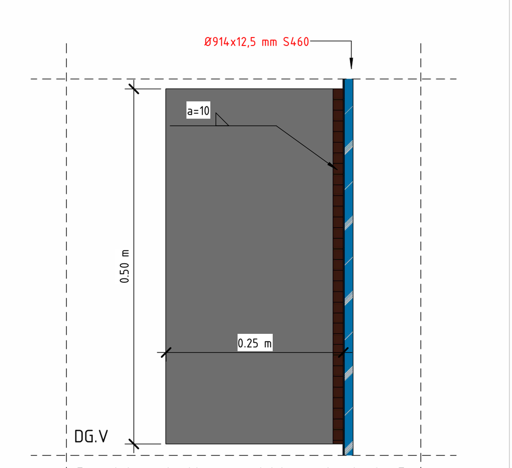
SB.B

Schema Bodem. Bovenaanzicht - schaal 1 : 50



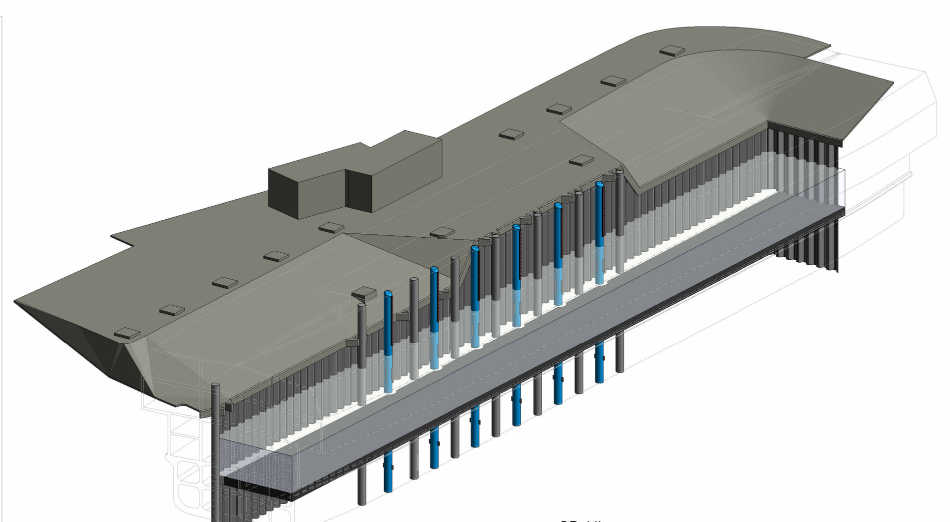
DG.B

Grondvleugels. Bovenaanzicht - schaal 1 : 5



DG.V

Grondvleugels. Vooraanzicht - schaal 1 : 5



3D View

OPMERKINGEN

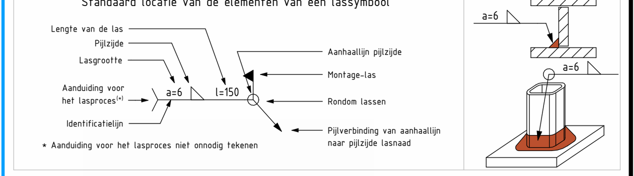
1. Maten in millimeters, tenzij anders vermeld;
2. Materiaalmaten in mm, tenzij anders vermeld;
3. Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P, tenzij anders vermeld;
4. Maten in het werk te controleren;
5. De nieuwe afmeerlijn van het schip is exact gelijk aan de huidige. Op basis hiervan zijn de posities van de palen bepaald.
6. Elke paal dient voorzien te zijn van 3 kathodische bescherming van het type 'Aliminium Alloy Anode - MME 500AB', niveau hart anode op NAP - 4,8 m. De uitvoering en bevestiging dienen conform MME specificaties gedaan te worden, referenties: MO.003-01-B01 en CMA 0500-06 van MME Group.

| Algemeen | Palen Legenda |
|---|---|
| 1. Maten in mm, tenzij anders vermeld<br>2. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld<br>3. Maatvoering bestaande constructies en situaties in het werk te controleren | Ø914x12,5 mm S460<br>bestaande paal<br>paalnummer / afhakniveau / paalpuntniveau<br>Positie in het werk te controleren. Te verwijderen tot 300mm onder aanlegniveau nieuwe fundering |

## Standaard Lassymbolen NEN/ISO 2553 (1994)

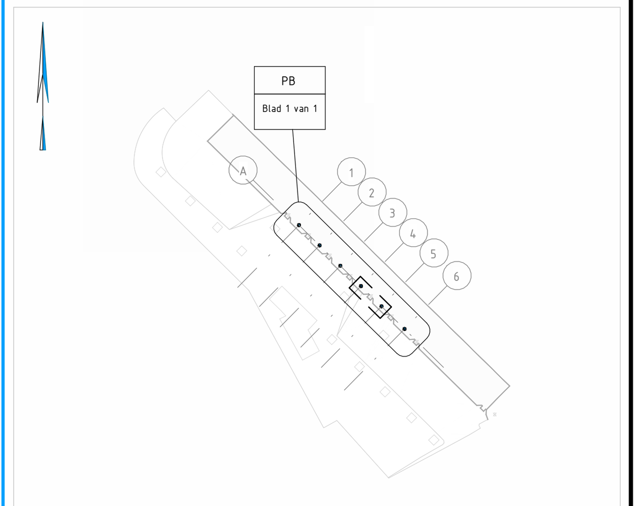
| Basis symbolen | | | | Aanvullende symbolen | | | | | Methode voor het aangeven van hoeklassen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hoeklas | V-las | Halve V-las | Halve V-las breedte | Tegen las | Tegen strip | Vlak | Rondom lassen | Montage las | |

Standaard locatie van de elementen van een lassymbool



## T001_1 van 1 - Verticale Palenstaat. Coördinaten

| Merk [-] | Pile [-] | X [m] | Y [m] | Afhakniveau [NAPm] | Paalpuntniveau [NAPm] | Netto paallengte [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ⌖ | 3747788 | 114275.508 | 557535.697 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |
| ⌖ | 3747903 | 114281.313 | 557529.983 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |
| ⌖ | 3747911 | 114287.154 | 557524.234 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |
| ⌖ | 3747919 | 114292.968 | 557518.512 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |
| ⌖ | 3747929 | 114298.765 | 557512.806 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |
| ⌖ | 3747941 | 114305.252 | 557506.422 | 5.100 | -19.000 | 24.100 |



Overzicht - schaal 1 : 1000

| Versie | Datum | Opsteller | Verificatie | Projectleider | Omschrijving |
|---|---|---|---|---|---|
| v3 | 26-11-2025 | AOj | SKa | SKa | Derde uitgave |
| v2 | 21-10-2025 | AOj | SKa | SKa | Tweede uitgave |
| v1 | 17-10-2025 | AOj | SKa | SKa | Eerste uitgave |

Projectomschrijving
Aanmeerpalen onderhoudskade Texel

Tekeningomschrijving
Nieuwe aanmeerpalen

Fase: DO
Status: Definitief
Schaal: Zie tekening
Formaat: A0 (841x1890)
Tekeningnummer: 2025-2536 - T001
Bladnummer: Blad 1 van 1

BT Engineering
mhpoly consultants engineers

Laaste uitgave: 26-11-2025 17:58:30

# Bijlage II

## Relevant grondonderzoek

Ontvangen 25-08-2004

Texel

bit

TD-03

TD-04

TB-05

TD-05

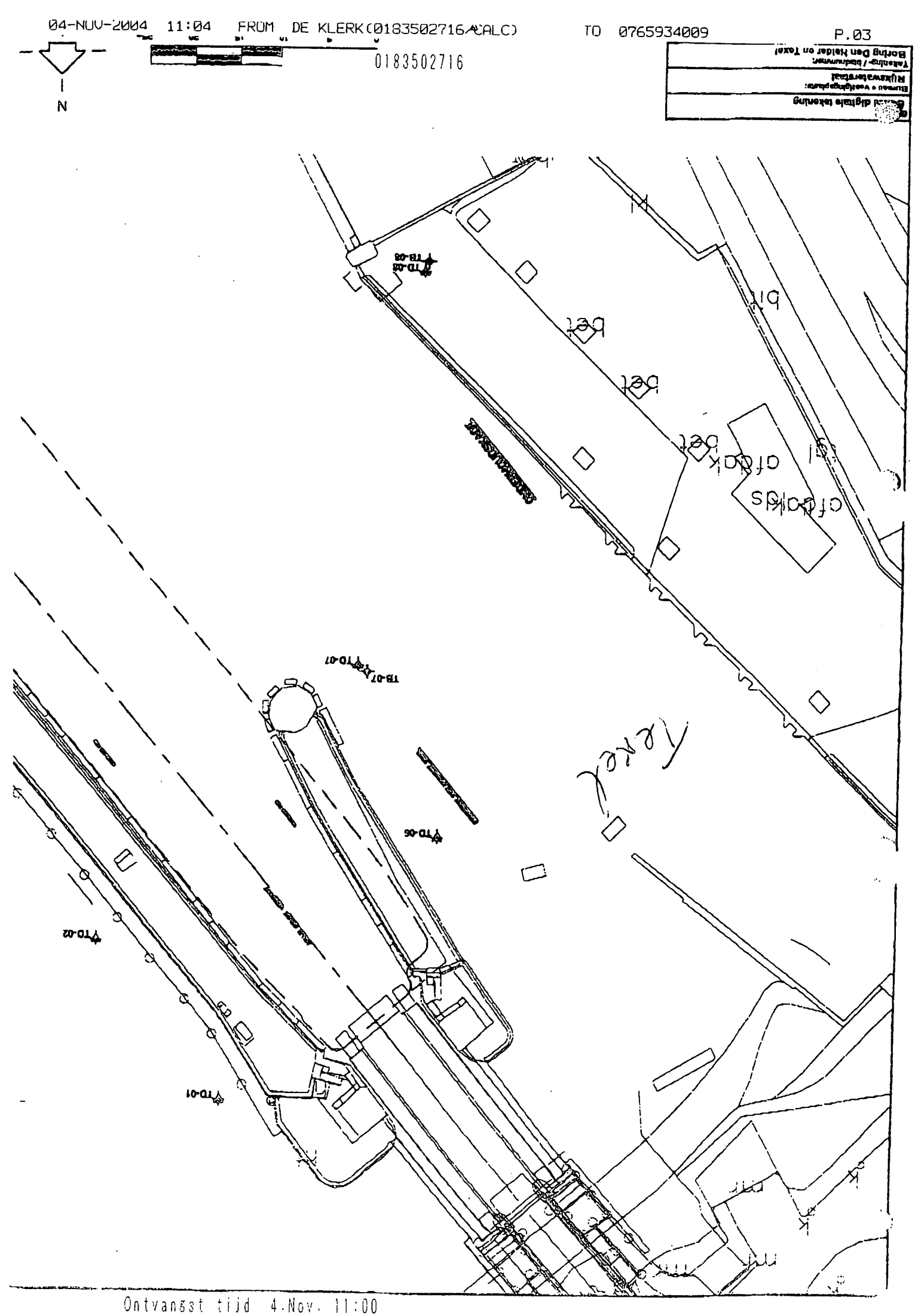
TD-05a

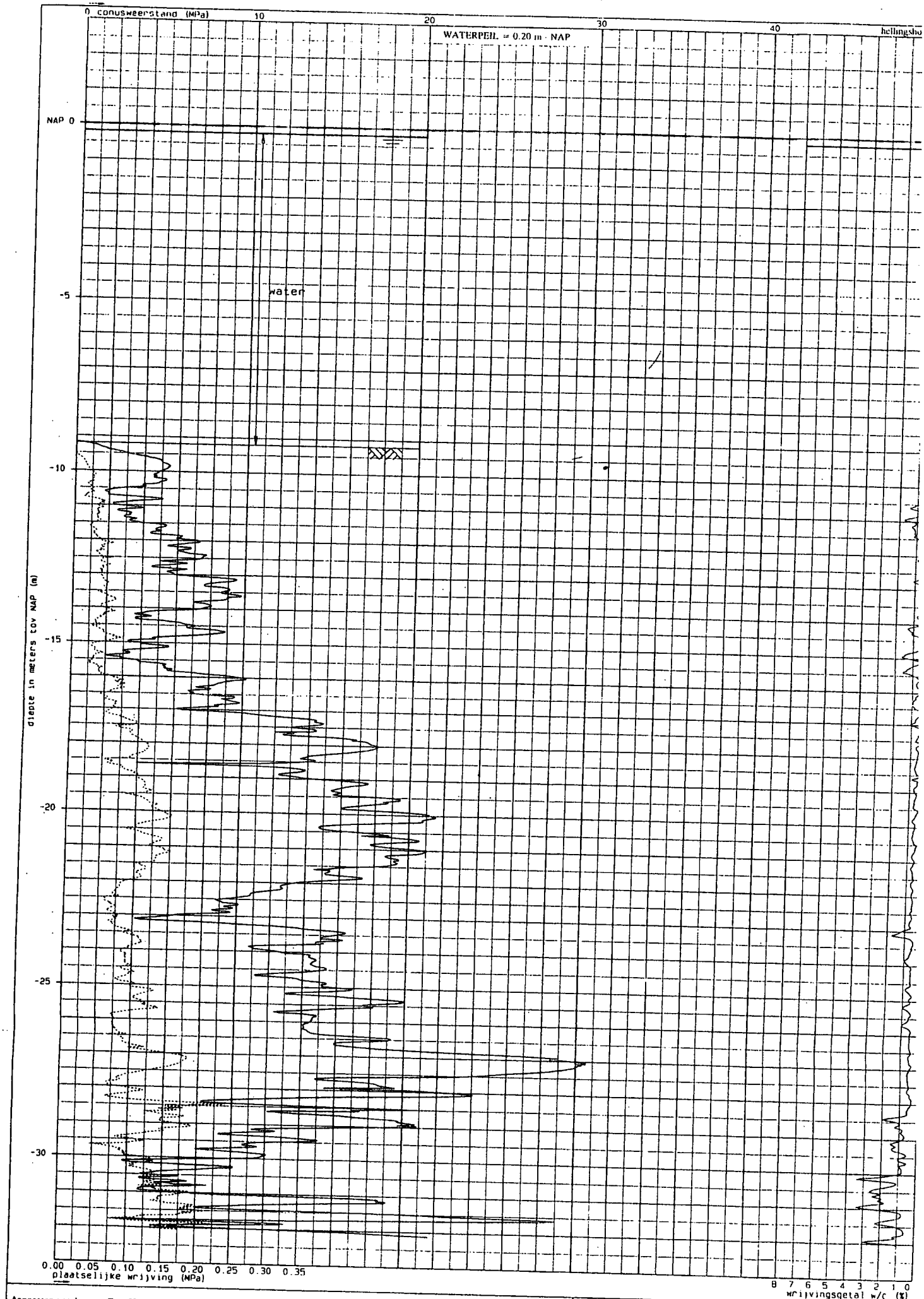
| Loc. nummer | X coördinaat | Y coördinaat | Z coördinaat |
|---|---|---|---|
| TD-01 | X = 114352.197 | Y = 557393.224 | Z = 0,20 m - NAP |
| TD-02 | X = 114398.877 | Y = 557554.027 | Z = 0,10 m - NAP |
| TD-03 | X = 114391.711 | Y = 557538.444 | Z = 0,30 m - NAP |
| TB-03 | X = 114388.540 | Y = 557540.512 | Z = 0,40 m - NAP |
| TD-04 | X = 114409.453 | Y = 557520.647 | Z = 0,60 m - NAP |
| TD-05 | X = 114438.238 | Y = 557498.303 | Z = 0,10 m + NAP |
| TB-05 | X = 114438.559 | Y = 557499.009 | Z = 0,30 m + NAP |
| TD-05a | X = 114439.543 | Y = 557497.491 | Z = 0,20 m + NAP |
| TD-06 | X = 114322.480 | Y = 557548.570 | Z = 0,25 m + NAP |
| TD-07 | X = 114333.822 | Y = 557538.221 | Z = 0,15 m + NAP |
| TD-07 | X = 114332.671 | Y = 557537.135 | Z = 0,35 m + NAP |
| TD-08 | X = 114325.596 | Y = 557473.364 | Z = 1,80 m + NAP |
| TD-08 | X = 114323.109 | Y = 557473.833 | Z = 1,80 m + NAP |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Opdrachtomschrijving / locatie: **Aanpassen veerhavens Den Helder en Texel** | | Opdrachtnummer: **VG-8375** | Bijlage: **SIT-01** |
| Omschrijving tekening: **Situatietekening** | | Bewerkt: **PGS** | Datum: **18-12-2003** |
| INPIJN-BLOKPOEL | 018350271 6 | Schaal: **1 : 500** | Formaat: **A3** |

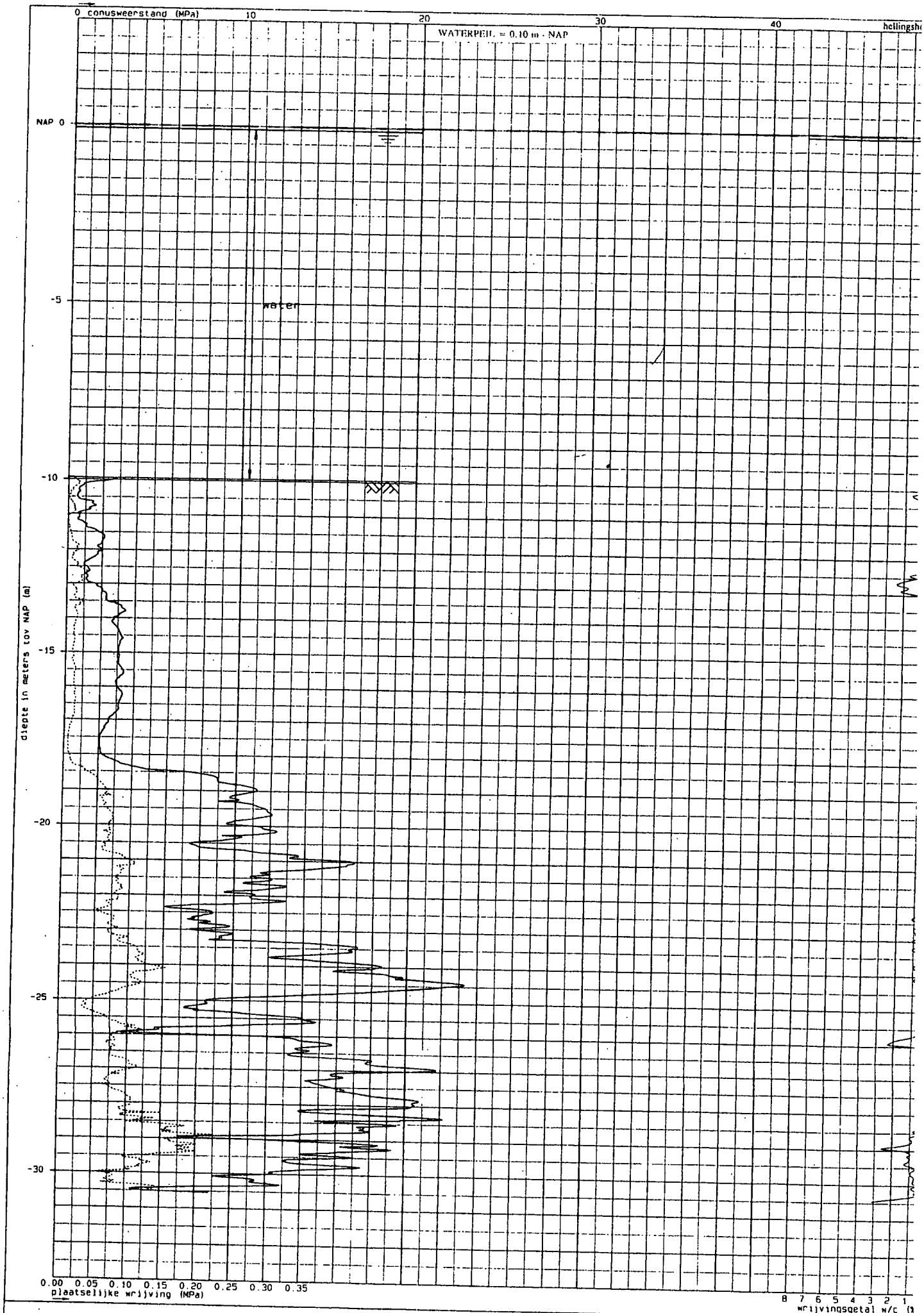
04-NOV-2004 11:03 FROM DE KLERK(018350271 6ACALC) TO 0765934009 P.02

0183502716

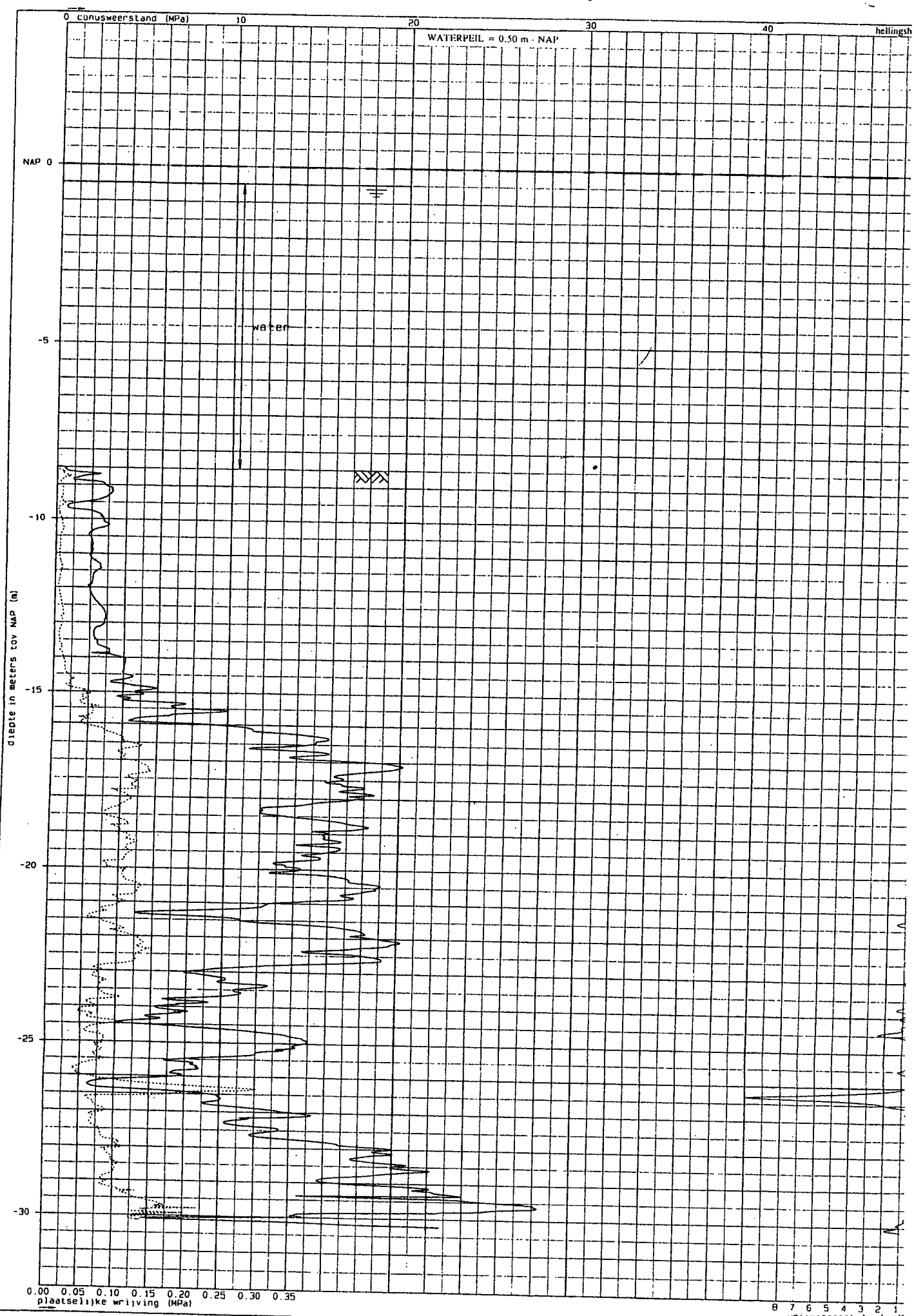




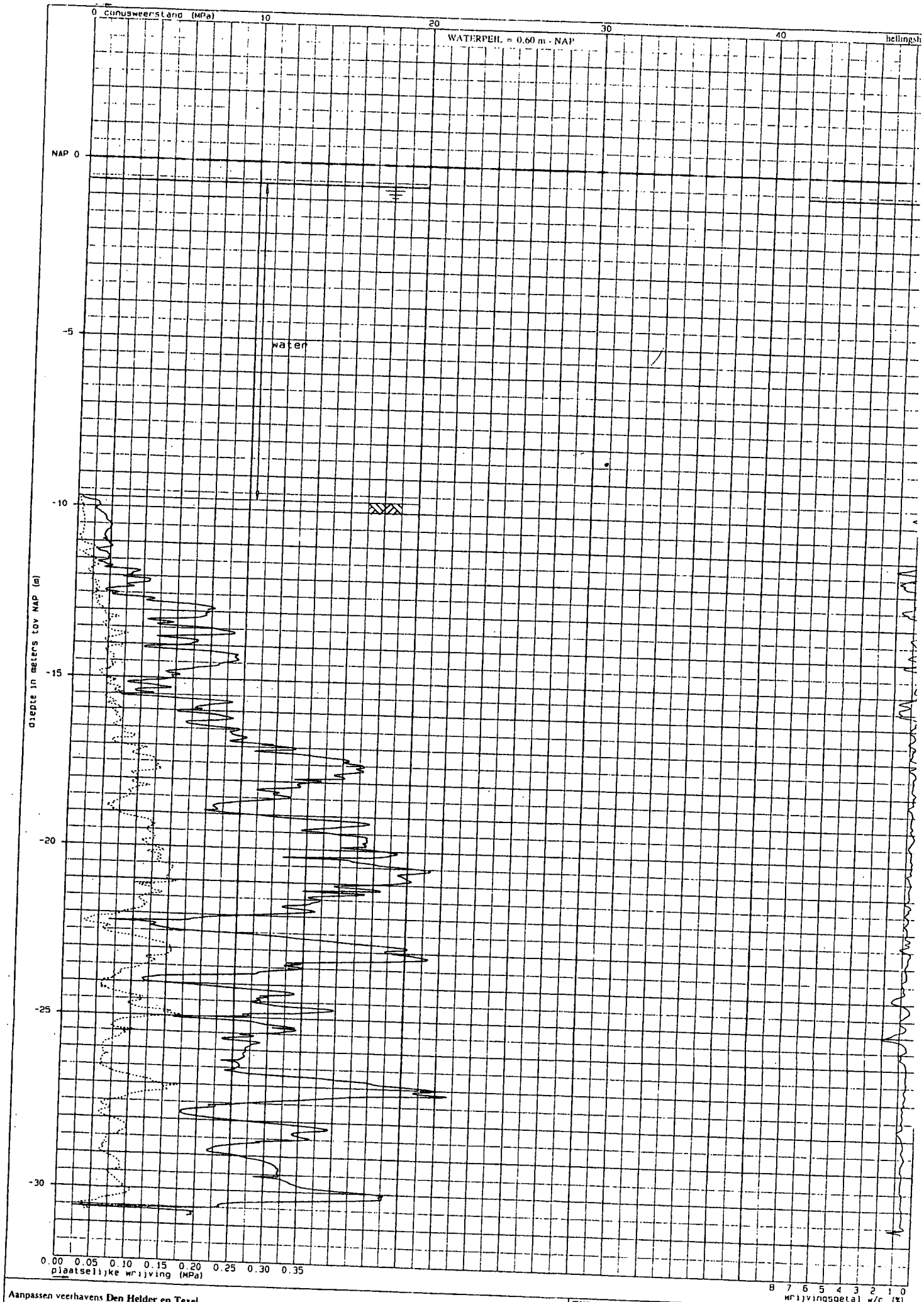

| | | | |
|---|---|---|---|
| Aanpassen veerhavens **Den Helder en Texel** | TYPE:elektr.,elektr.reg<br>volgens NEN 5140<br>continue sondering | uitv.: | sondering: **TD-01** |
| INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau | datum: 01-12-2003 | mat.: | opdracht: **VG-8375** |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Aanpassen veerhavens Den Helder en Texel | TYPE:elektr.,elektr.reg volgens NEN 5140 continue sondering | uitv.: | sondering: TD-02 |
| INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau | datum: 01-12-2003 | mat.: | opdracht: VG-8375 |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Aanpassen veerhavens **Den Helder en Texel** | TYPE:elektr.,elektr.reg volgens NEN 5140 continue sondering | uitv.: | sondering: **TD-03** |
| INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau | datum: 01-12-2003 | mat.: | opdracht: **VG-8375** |




Aanpassen veerhavens **Den Helder en Texel**

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

| | | | |
|---|---|---|---|
| TYPE:elektr.,elektr.reg volgens NEN 5140 continue sondering | uitv.: | sondering: | TD-04 |
| datum: 02-12-2003 | mat.: | opdracht: | VG-8375 |

# Bijlage III

## Resultaten constructieve analyses

# Bepaling aanvaarbelasting

BT Geoconsult BV
INGENIEURSBUREAU

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Projectlocatie:** | Texel | **BTG-projectnummer:** | 2025-2536 |
| **Projectomschrijving:** | | | |
| **Opmerkingen:** | Aanvaarbeveiligingconstructie | | |

## Invoer parameters geometrie schip

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte schip | L | = | 130.0 | [m] |
| Breedte schip | B | = | 23.0 | [m] |
| Diepgang schip | d | = | 4.4 | [m] |
| Waterverplaatsing | G | = | 6800 | [ton] |

## Bronnen

- EAU 2012, Recommendations of the committee for waterfront structures (par. 6.15.4)
- Handreiking Rekenmethodieken NIC, versie 2.01, RWS, 2005

## Invoer overige parameters

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vaarsnelheid in de vaarrichting schip | $v_{vr}$ | = | 0.75 | [m/s] |
| Hoek vaarrichting schip met constructie | α | = | 15 | [°] |
| Coëfficiënt schip flexibiliteit (softness) | $C_s$ | = | 0.9 | [-] |
| Coëfficiënt type constructie (configuration) | $C_c$ | = | 1.0 | [-] |

## Gebruikte formules en grafieken

- $E_{kin} = 0{,}5 \cdot G \cdot {v_{ld}}^2 \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c$
- $C_e = \frac{k^2}{k^2 + r^2}$
- $k = 0{,}25 \cdot L$
- $r = 0{,}25 \cdot L$
- $C_m = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B}$ $\quad Cs = 0{,}9$ $\quad Cc = 1{,}0$

## Resultaten

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vaarsnelheid schip loodrecht op constructie | $v_{ldc}$ | = | 0.19 | [m/s] |
| Traagheidstraal schip | k | = | 32.5 | [m] |
| Afstand tussen zwartepunt schip en aanvaarpunt | r | = | 66.0 | [m] |
| Coëfficient excentriciteit | $C_e$ | = | 0.34 | [-] |
| Coëfficient hydrodynamische massa | $C_m$ | = | 1.4 | [-] |
| Coëfficient product | $C_{totaal}$ | = | 0.42 | [-] |
| Karakteristieke kinetische energie loodrecht op constructie | $E_{k;kin;ldc}$ | = | 54 | [kNm] |

# Bepalen toe te passen corrosietoeslag conform NEN6766

BT Geoconsult BV
INGENIEURSBUREAU

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Projectlocatie:** | Texel | **BTG-projectnummer:** | 2025 - 2536 |
| **Projectomschrijving:** | Aanmeerpaal Teso | **Grondonderzoek:** | |
| **Opmerkingen:** | Corrosie, initieel 12,5 mm | | |

## Gegevens situatie

**Algemeen**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Wordt er bescherming toegepast? (conform H6 NEN6766) | = | Nee | [-] |
| Kan er inspectie worden uitgevoerd gedurende de levensduur (conform H7 NEN6766) | = | Nee | [-] |
| Levensduur stalen onderdeel | = | 16 | [jaar] |
| Type constructie | = | ander afgesloten hol element | [-] |
| Groepsindeling funderingselement | = | Groep 3 | [-] |

*Groep 3: geen herverdeling van spanningen is mogelijk; element grenst aan één zijde aan de grond en aan de andere zijde aan afgesloten grond.*
*Voorbeelden: afgesloten buizen met een andere dan uitsluitend kerende functie zoals op trek- of drukbelaste funderingspalen*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Type corrosie | = | Variabel | [-] |
| Niveau b.k. stalen onderdeel | = | 5,1 | [m t.o.v. NAP] |
| Niveau o.k. stalen onderdeel | = | -19,0 | [m t.o.v. NAP] |
| Raakt de constructie open water | = | Ja | [-] |
| Initiele dikte van stalen onderdeel | = | 12,5 | [mm] |
| Is er sprake van een stalen buispaal met Ø ≥ 300 mm of I of H-profiel met doorsnedehoogte ≥ 300 mm? | | Ja | [-] |
| Variatiecoëfficient volgens NEN6766 | = | Ja | [-] |

**Lucht**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Type buitenlucht | = | Maritieme omstandigheden | [-] |

**Grond**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Niveau GWS | = | -2,6 | [m t.o.v. NAP] |
| Vindt er regelmatige verversing van grondwater plaats | = | Ja | [-] |
| Is de grond schoon? | = | Ja | [-] |

**Water**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Saliniteit | = | >10 | [ppt] |
| Is er sprake van sterk erosieve stromingscondities in sluizen? | = | Nee | [-] |
| Is er sprake van getijden | | Ja | [-] |
| Hoogste astronomische tij (HAT) | = | 3,3 | [m t.o.v. NAP] |
| Gemiddeld hoogwater tijdens springtij (MHWS) | = | 0,4 | [m t.o.v. NAP] |
| Gemiddeld zeeniveau (MSL) | = | 0,4 | [m t.o.v. NAP] |
| Laagste waterstand met een herhaaltijd van één jaar (AnnL) | = | -2,6 | [m t.o.v. NAP] |

**Situatie opbouw**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verticale profielopbouw binnenzijde buis | = | Lucht - open water - grond | [-] |
| Niveau bodem open water | = | -7 | [m t.o.v. NAP] |
| Verticale profielopbouw buitenzijde buis | = | Lucht - open water - grond | [-] |
| Niveau bodem open water | = | -7 | [m t.o.v. NAP] |

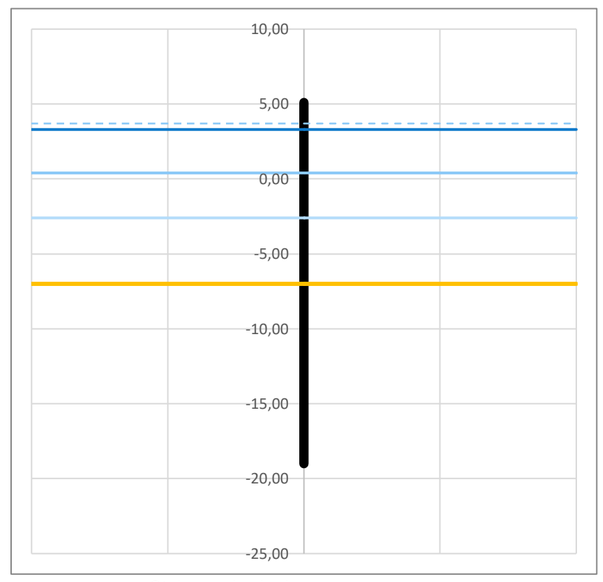
**Overige zaken**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Is de karakteristieke ondergrenswaarde van de vloeigrens van het staal groter dan 500 N/mm2? | | Nee | [-] |
| Is er spraken van Microbiologisch geïnduceerde corrosie? | | Nee | [-] |
| Is er sprake van erosie t.g.v. zwerfstromen | | Nee | [-] |
| Treedt er galvanisch contact tussen metalen met een potentiaalverschil van 100 mV of meer op? | | Nee | [-] |
| Is er sprake van verwarmt water (bijv. koel- of proceswater)? | | Nee | [-] |
| Komen er dooizouten in aanraking met de constructie? | | Nee | [-] |
| Is er sprake van potentiële kattekleigronden? | | Nee | [-] |

## Bronnen

- NEN 6766 (nl) Corrosie van stalen elementen in de ondergrond - Eisen voor ontwerp en toepassing, februari 2023
-
-

## Schetsmatige weergave invoer laagscheidingen




## Uitgangspunten bij opzet en gebruik rekensheet

- Bij het type constructie wordt onderscheid gemaakt tussen (afgesloten) holle constructies niet-holle constructies. Een niet-afgesloten holle constructies valt onder de niet-holle constructies.
- Voor de grens tussen maritieme en niet maritieme omstandigheden kan worden aangehouden: 1 km vanaf de kustlijn.
- Als de doorlatendheid van de grond k lager is dan 1 x 10-6 m/s, mag worden aangenomen dat er geen verversing van grondwater optreedt.
- Kies bij een met grout gevulde buis of anker voor 'niet-hol element' en vul bij de initiële dikte van het stalen onderdeel de dikte van beiden wanden samen in. De berekende staaldikte afname moet door 2 gedeeld worden voor de afroesting aan één kant.

## Resultaten

| Sectie | Erosie conditie | b.k sectie | o.k. sectie | Procedure | Grondconditie | Zone open water | Verwachtingwaarde | Factor f | Toeslag vervuilde | Totale afroesting |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [-] | [-] | [m t.o.v. NAP] | [m t.o.v. NAP] | [-] | [-] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [mm] |
| 1 | Lucht - Lucht | 5,10 | 3,70 | 3d | II | | | | | **0,6** |
| 2 | Open water - Open water | 3,70 | 0,40 | 3c | I | 1 | | | | **3,8** |
| 3 | Open water - Open water | 0,40 | 0,10 | 3c | II | 2 | | | | **3,2** |
| 4 | Open water - Open water | 0,10 | -3,10 | 3c | II | 3 | | | | **6,3** |
| 5 | Open water - Open water | -3,10 | -3,30 | 3c | II | 3 | | | | **6,3** |
| 6 | Open water - Open water | -3,30 | -7,00 | 3c | II | 4 | | | | **4,7** |
| 7 | Grond - Grond | -7,00 | -19,00 | 3a | II | | | | 0,00 | **1,0** |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

**Maximale staaldikte afname** **6,3 [mm]**

# Bepaling P-y curves palen

BT Engineering

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Projectlocatie:** | Texel | **BTE-projectnummer:** | 2025-2536 |
| **Projectomschrijving:** | Aanmeerpaal Teso | **Grondonderzoek:** | |
| **Opmerkingen:** | Ø914 x 12,5 m | | |

## Invoerparameters

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Maaiveldniveau | MV | = | -7,00 | [m NAP] |
| Grondwaterstand | GWS | = | 0,00 | [m NAP] |
| Diameter buispaal | D | = | 914,0 | [mm] |
| Wanddikte | t | = | 12,5 | [mm] |
| Soort belasting | | = | Statisch | [-] |
| Maximale laagdikte | | = | 2 | [m] |
| Is reductiefactor door paalgroep effect van toepassing? | | = | Ja | [-] |
| Aantal palen naast elkaar | | = | 2 of meer | [-] |
| Hart op hart afstand (h.o.h.) naast elkaar | $s_1$ | = | 8,1 | [m] |
| Reductiefactor voor palen naast elkaar | $e_n$ | = | 1,00 | [-] |
| Aantal palen achter elkaar | | = | 1 | [-] |

## Normen en richtlijnen

- CUR Flexible Dolphins, 2018
- Deltares system Soil behavior lateral P-y curves, D-Pile group, User manual 16.1, 9 februari 2016
- Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading, L.C. Reese and W.F. van Impe, 2007, p 159

## Uitgangspunten

- Voor het discretiseren van de P-y curve is gebruik gemaakt van y-waarden (0,25;0,5;1;1,5;2,5) * Ymax volgens de rekenmethode van DPilegroup
- Als parameters moeten de hoog karateristieke waarden ingevoerd worden
- Bij de reductiefactoren voor paalgroepen wordt geen onderscheid gemaakt tussen randpalen, hoekpalen en middenpalen

## Reductiefactoren paalgroepen:

Naast elkaar:

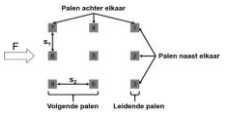
als $1 \leq \frac{s_1}{D_{eq}} \leq 3{,}75 \rightarrow e = 0{,}64\left[\frac{s_1}{D_{eq}}\right]^{0{,}34}$ als $\frac{s_1}{D_{eq}} \geq 3{,}75 \rightarrow e = 1{,}0$

Leidende paal:

als $1 \leq \frac{s_2}{D_{eq}} \leq 4{,}0 \rightarrow e = 0{,}7\left[\frac{s_2}{D_{eq}}\right]^{0{,}26}$ als $\frac{s_2}{D_{eq}} \geq 4{,}0 \rightarrow e = 1{,}0$

Opvolgende paal:

als $1 \leq \frac{s_2}{D_{eq}} \leq 7{,}0 \rightarrow e = 0{,}48\left[\frac{s_2}{D_{eq}}\right]^{0{,}38}$ als $\frac{s_2}{D_{eq}} \geq 7{,}0 \rightarrow e = 1{,}0$




## Formules t.b.v. bepaling py-curves

$P_{us} = (C_1 \times Z + C_2 \times D)$

$C_1 = \frac{(tan\beta)^2 \times tan\alpha}{tan(\beta - \varphi)} + K_0 \times \left[\frac{tan\varphi sin\beta}{cosatan(\beta - \varphi)} + tan\beta(tan\varphi sin\beta - tan\alpha)\right]$

$Y_{max} = \frac{A \times P_u}{k \times Z}$

$P_u \times D = 3S_u \times D + \gamma \times z \times D + J \times S_u \times z$

$P_{ud} = C_3 \times D \times \gamma' \times z$

$C_2 = \frac{tan\beta}{tan(\beta - \varphi)} - K_\alpha$

$\alpha = {}^{\varphi}/_{2}$

$\beta = 45 + {}^{\varphi}/_{2}$

$P_u \times D = 9S_u \times D \; voor \; z > z_R$

$P = A \times P_u \times \tanh\left(\frac{k \times Z}{A \times P_u} \times Y\right)$

$C_3 = K_\alpha(tan^8\beta - 1) + K_0 \times tan\varphi tan^4\beta$

$K_0 = 0.4$

$K_\alpha = tan^2(45 - {}^{\varphi}/_{2})$

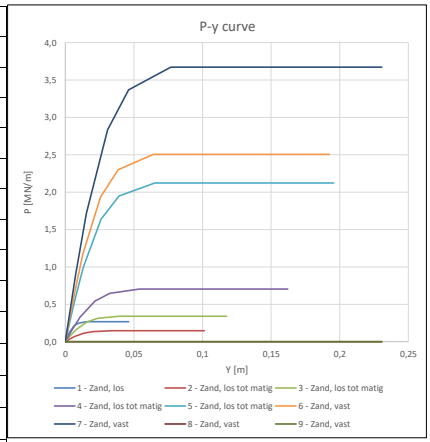
$Z_R = \frac{6D}{\frac{\gamma \times D}{S_u} + J}$

## Invoer bodemopbouw

| Laag nummer | Laag beschrijving | Laagdikte | Niveau midden laag | Diepte midden laag | Laag grondsoort | Droog / Nat | Volumiek gewicht | Dikte droog / nat | Hoek van inwendige wrijving | Ongedraineerde schuifsterkte | Emperische constante | Beddingsconstante |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $D_{laag}$ | Z | Z | | | $\gamma_{onsat}/\gamma_{sat}$ | | φ' | Su | J | k |
| [-] | [-] | [m] | [m NAP] | [m MV] | [-] | [-] | [kN/m³] | [m] | [°] | [kN/m²] | [-] | [kN/m³] |
| 1 | Zand, los | 1,00 | -7,50 | 0,50 | Zand | Droog | 24,0 | 0,00 | 45,0 | 0,0 | 0,25 | 5000 |
| | | | | | | Nat | 24,0 | 1,00 | | | | |
| 2 | Zand, los tot matig | 2,00 | -9,00 | 2,00 | Zand | Droog | 17,0 | 0,00 | 30,0 | 0,0 | 0,25 | 8866 |
| | | | | | | Nat | 19,0 | 2,00 | | | | |
| 3 | Zand, los tot matig | 2,00 | -11,00 | 4,00 | Zand | Droog | 17,0 | 0,00 | 30,0 | 0,0 | 0,25 | 8866 |
| | | | | | | Nat | 19,0 | 2,00 | | | | |
| 4 | Zand, los tot matig | 2,00 | -13,00 | 6,00 | Zand | Droog | 17,0 | 0,00 | 30,0 | 0,0 | 0,25 | 8866 |
| | | | | | | Nat | 19,0 | 2,00 | | | | |
| 5 | Zand, los tot matig | 1,00 | -14,50 | 7,50 | Zand | Droog | 17,0 | 0,00 | 30,0 | 0,0 | 0,25 | 8866 |
| | | | | | | Nat | 19,0 | 1,00 | | | | |
| 6 | Zand, vast | 2,00 | -16,00 | 9,00 | Zand | Droog | 19,0 | 0,00 | 35,0 | 0,0 | 0,25 | 44328 |
| | | | | | | Nat | 21,0 | 2,00 | | | | |
| 7 | Zand, vast | 2,00 | -18,00 | 11,00 | Zand | Droog | 19,0 | 0,00 | 35,0 | 0,0 | 0,25 | 44328 |
| | | | | | | Nat | 21,0 | 2,00 | | | | |

## Uitvoer parameters

| Laag nummer | Laag beschrijving | Laagdikte | Laag grondsoort | B.k. laag | Discretisatie punten van de grafieken | | | | | Beddingsconstante |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $y_1/p_1$ | $y_2/p_2$ | $y_3/p_3$ | $y_4/p_4$ | $y_5/p_5$ | k |
| [-] | [-] | [m] | [-] | [m NAP] | [m/MN/m] | [m/MN/m] | [m/MN/m] | [m/MN/m] | [m/MN/m] | [MN/m³] |
| 1 | Zand, los | 1,00 | Zand | -7,00 | 0,0015 | 0,0031 | 0,0062 | 0,0092 | 0,0154 | 4,570 |
| | | | | | 0,0664 | 0,1252 | 0,2064 | 0,2453 | 0,2674 | |
| 2 | Zand, los tot matig | 2,00 | Zand | -8,00 | 0,0034 | 0,0068 | 0,0135 | 0,0203 | 0,0338 | 8,104 |
| | | | | | 0,0364 | 0,0687 | 0,1132 | 0,1345 | 0,1466 | |
| 3 | Zand, los tot matig | 2,00 | Zand | -10,00 | 0,0039 | 0,0078 | 0,0157 | 0,0235 | 0,0392 | 8,104 |
| | | | | | 0,0845 | 0,1594 | 0,2627 | 0,3122 | 0,3403 | |
| 4 | Zand, los tot matig | 2,00 | Zand | -12,00 | 0,0054 | 0,0108 | 0,0216 | 0,0324 | 0,0540 | 8,104 |
| | | | | | 0,1747 | 0,3297 | 0,5434 | 0,6458 | 0,7039 | |
| 5 | Zand, los tot matig | 1,00 | Zand | -14,00 | 0,0065 | 0,0130 | 0,0261 | 0,0391 | 0,0652 | 8,104 |
| | | | | | 0,5269 | 0,9942 | 1,6385 | 1,9473 | 2,1226 | |
| 6 | Zand, vast | 2,00 | Zand | -15,00 | 0,0064 | 0,0128 | 0,0257 | 0,0385 | 0,0641 | 40,516 |
| | | | | | 0,6220 | 1,1736 | 1,9341 | 2,2986 | 2,5055 | |
| 7 | Zand, vast | 2,00 | Zand | -17,00 | 0,0077 | 0,0154 | 0,0308 | 0,0461 | 0,0769 | 40,516 |
| | | | | | 0,9114 | 1,7197 | 2,8342 | 3,3684 | 3,6716 | |



# 1. Table of contents

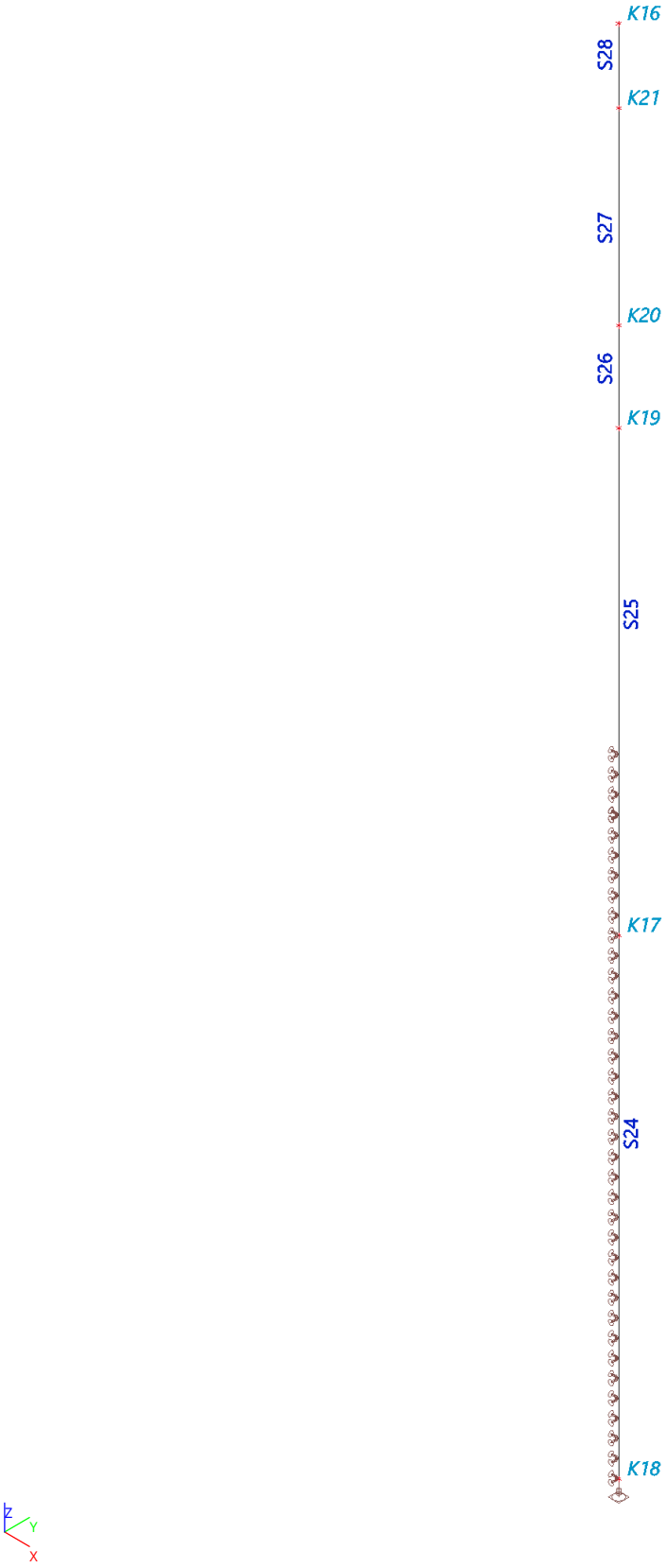
1. Table of contents 1
2. Project 1
3. Rekenmodel 2
3.1. Rekenmodel 2
3.2. Nodes 4
3.3. Members 4
4. Ondersteuningen 4
4.1. Nodal supports 4
4.2. Line supports on member 4
5. Nonlinear functions 4
6. Belastingen 8
6.1. Belastingsgevallen 8
7. Nonlinear combinations 9
8. Result classes 9
9. Resultaten 1D Interne Krachten 9
9.1. Resultaten 1D Interne Krachten - Alle UGT 9
9.1.1. N 11
9.1.2. V_y 12
9.1.3. V_z 12
9.1.4. M_x 13
9.1.5. M_y 13
9.1.6. M_z 14
10. EC-EN 1993 Steel check ULS 14
11. EC-EN 1993 UGT: staalcontrole; Doorsnedecontrole 15
12. 1D - Verplaatsingen 15
12.1. 1D - Verplaatsingen - Alle UGT 15
12.1.1. u_x 17
12.1.2. u_y 17
12.1.3. u_z 18
12.1.4. Displacement of nodes 18
12.1.5. U_x; U_y; U_z 19

# 2. Project

| | |
|---|---|
| Licence user | s.kalanaki@btgeoconsult.nl |
| Project | Aanmeerpaal Teso met corrosie |
| Part | - |
| Description | - |
| Author | - |
| Date | 25-6-2025 |
| Structure | General XYZ |
| No. of nodes : | 6 |
| No. of beams : | 5 |
| No. of slabs : | 0 |
| No. of solids : | 0 |
| No. of used profiles : | 5 |
| No. of load cases : | 2 |
| No. of used materials : | 1 |
| Acceleration of gravity [m/s$^2$] | 9,810 |
| National code | EC - EN |

# 3. Rekenmodel

## 3.1. Rekenmodel



Z
X
Y

### 3.2. Nodes

| Name | Coord X [m] | Coord Y [m] | Coord Z [m] |
|---|---|---|---|
| K16 | 0,000 | 0,000 | 5,100 |
| K17 | 0,000 | 0,000 | -10,000 |
| K18 | 0,000 | 0,000 | -19,000 |
| K19 | 0,000 | 0,000 | -1,600 |
| K20 | 0,000 | 0,000 | 0,100 |
| K21 | 0,000 | 0,000 | 3,700 |

### 3.3. Members

| Name | Cross-section | Material | Length [m] | Beg. node | End node | Type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S24 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | S 460 NH/NLH | 9,000 | K17 | K18 | general (0) |
| S25 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | S 460 NH/NLH | 8,400 | K19 | K17 | general (0) |
| S26 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | S 460 NH/NLH | 1,700 | K19 | K20 | column (100) |
| S27 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS (914,00; 8,70) | S 460 NH/NLH | 3,600 | K20 | K21 | column (100) |
| S28 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | S 460 NH/NLH | 1,400 | K21 | K16 | column (100) |

## 4. Ondersteuningen

### 4.1. Nodal supports

| Name | Node | System | Type | X | Y | Z | Rx | Ry | Rz | Stiffness Z [MN/m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sn2 | K18 | GCS | Standard | Free | Free | Flexible | Free | Free | Rigid | 5,0000e+02 |

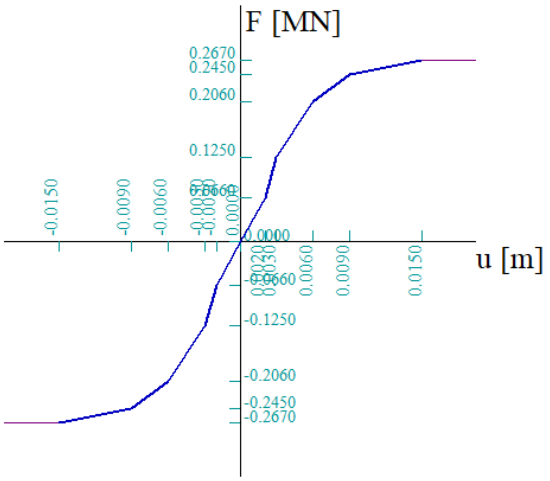
### 4.2. Line supports on member

| Name | Type | Member<br>System | Pos $x_1$ [m]<br>Pos $x_2$ [m] | Coor<br>Orig | X | Y | Z | Rx | Ry | Rz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V29 | Line | S25<br>GCS | 6,410<br>8,400 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V30 | Line | S25<br>GCS | 5,400<br>6,400 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V31 | Line | S24<br>GCS | 0,000<br>2,000 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V32 | Line | S24<br>GCS | 2,000<br>4,000 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V33 | Line | S24<br>GCS | 4,000<br>5,000 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V34 | Line | S24<br>GCS | 5,000<br>7,000 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |
| V35 | Line | S24<br>GCS | 7,000<br>8,990 | Abso<br>From start | Nonlinear | Nonlinear | Free | Free | Free | Free |

## 5. Nonlinear functions

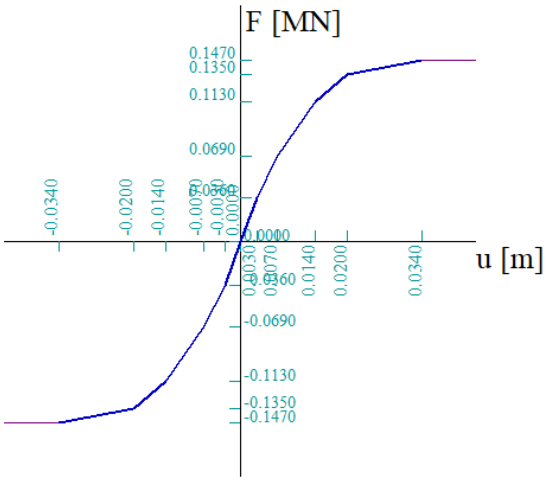
| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZL0 | Translation | -0.015000 / -267000.000000 | Free | Free |
| | | -0.009000 / -245000.000000 | | |
| | | -0.006000 / -206000.000000 | | |
| | | -0.003000 / -125000.000000 | | |
| | | -0.002000 / -66000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.002000 / 66000.000000 | | |
| | | 0.003000 / 125000.000000 | | |
| | | 0.006000 / 206000.000000 | | |
| | | 0.009000 / 245000.000000 | | |
| | | 0.015000 / 267000.000000 | | |

Drawing



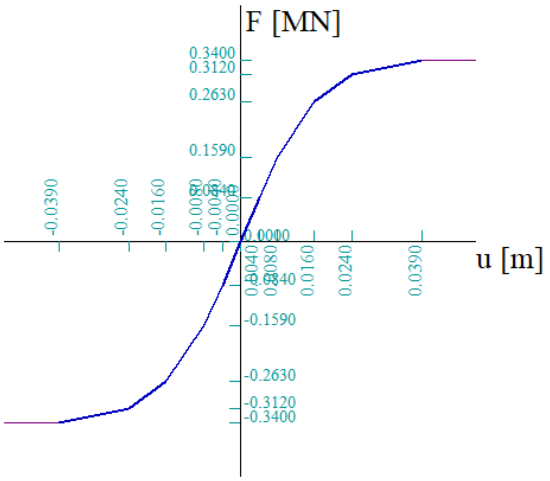

| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZL1 | Translation | -0.034000 / -147000.000000 | Free | Free |
| | | -0.020000 / -135000.000000 | | |
| | | -0.014000 / -113000.000000 | | |
| | | -0.007000 / -69000.000000 | | |
| | | -0.003000 / -36000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.003000 / 36000.000000 | | |
| | | 0.007000 / 69000.000000 | | |
| | | 0.014000 / 113000.000000 | | |
| | | 0.020000 / 135000.000000 | | |
| | | 0.034000 / 147000.000000 | | |

Drawing



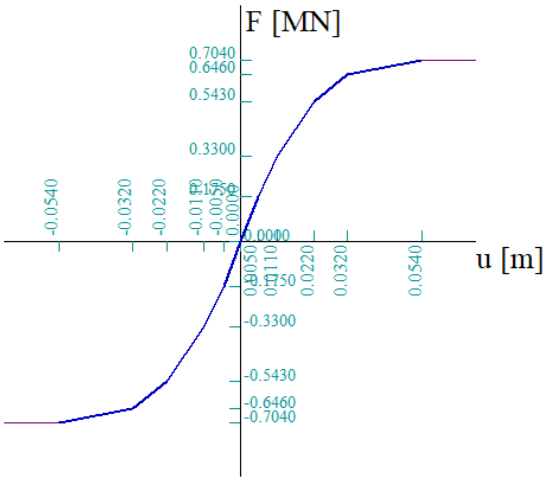

| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZL2 | Translation | -0.039000 / -340000.000000 | Free | Free |
| | | -0.024000 / -312000.000000 | | |
| | | -0.016000 / -263000.000000 | | |
| | | -0.008000 / -159000.000000 | | |
| | | -0.004000 / -84000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.004000 / 84000.000000 | | |
| | | 0.008000 / 159000.000000 | | |
| | | 0.016000 / 263000.000000 | | |
| | | 0.024000 / 312000.000000 | | |
| | | 0.039000 / 340000.000000 | | |

Drawing



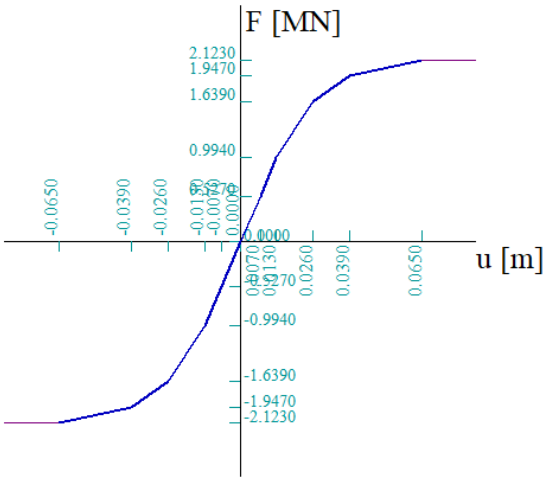

| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZL3 | Translation | -0.054000 / -704000.000000 | Free | Free |
| | | -0.032000 / -646000.000000 | | |
| | | -0.022000 / -543000.000000 | | |
| | | -0.011000 / -330000.000000 | | |
| | | -0.005000 / -175000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.005000 / 175000.000000 | | |
| | | 0.011000 / 330000.000000 | | |
| | | 0.022000 / 543000.000000 | | |
| | | 0.032000 / 646000.000000 | | |
| | | 0.054000 / 704000.000000 | | |

Drawing



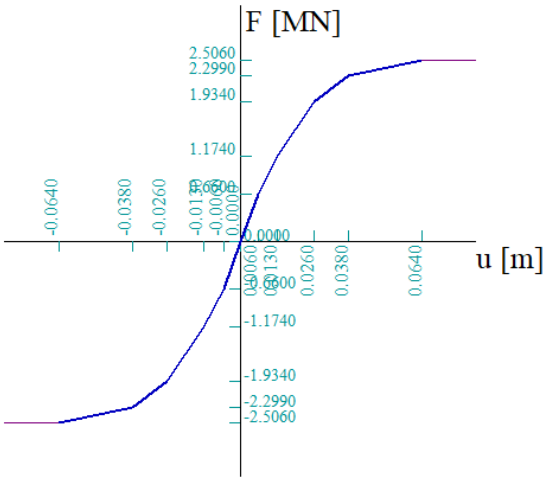

| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZL4 | Translation | -0.065000 / -2123000.000000 | Free | Free |
| | | -0.039000 / -1947000.000000 | | |
| | | -0.026000 / -1639000.000000 | | |
| | | -0.013000 / -994000.000000 | | |
| | | -0.007000 / -527000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.007000 / 527000.000000 | | |
| | | 0.013000 / 994000.000000 | | |
| | | 0.026000 / 1639000.000000 | | |
| | | 0.039000 / 1947000.000000 | | |
| | | 0.065000 / 2123000.000000 | | |

Drawing



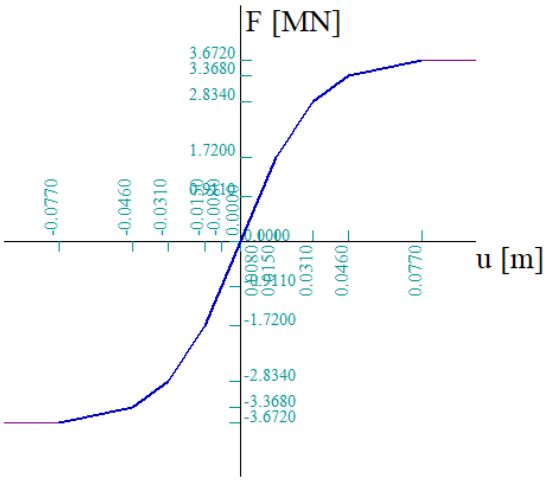

| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZV1 | Translation | -0.064000 / -2506000.000000 | Free | Free |
| | | -0.038000 / -2299000.000000 | | |
| | | -0.026000 / -1934000.000000 | | |
| | | -0.013000 / -1174000.000000 | | |
| | | -0.006000 / -660000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.006000 / 660000.000000 | | |
| | | 0.013000 / 1174000.000000 | | |
| | | 0.026000 / 1934000.000000 | | |
| | | 0.038000 / 2299000.000000 | | |
| | | 0.064000 / 2506000.000000 | | |

Drawing




| Name | Type | u / F | Positive end | Negative end |
|---|---|---|---|---|
| ZV2 | Translation | -0.077000 / -3672000.000000 | Free | Free |
| | | -0.046000 / -3368000.000000 | | |
| | | -0.031000 / -2834000.000000 | | |
| | | -0.015000 / -1720000.000000 | | |
| | | -0.008000 / -911000.000000 | | |
| | | 0.000000 / 0.000000 | | |
| | | 0.008000 / 911000.000000 | | |
| | | 0.015000 / 1720000.000000 | | |
| | | 0.031000 / 2834000.000000 | | |
| | | 0.046000 / 3368000.000000 | | |
| | | 0.077000 / 3672000.000000 | | |

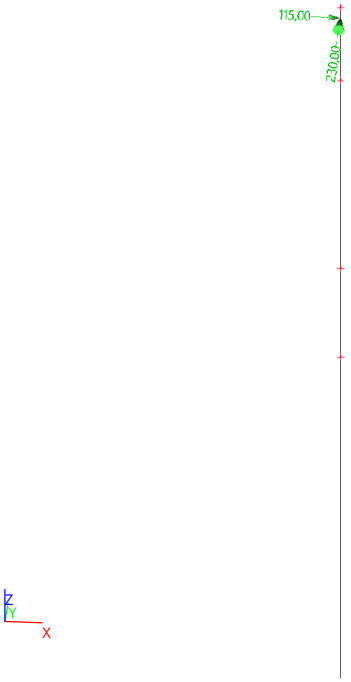
Drawing



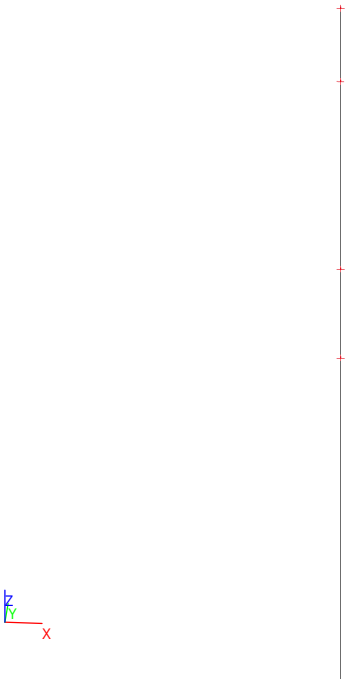

# 6. Belastingen

## 6.1. Belastingsgevallen

| Name | Description | Action type | Load group | Duration | Master load case |
|---|---|---|---|---|---|
| | Spec | Load type | | | |
| P1 | | Variable | LG2 | Short | None |
| | Standard | Static | | | |



| Name | Description | Action type | Load group | Direction |
|---|---|---|---|---|
| | Spec | Load type | | |
| EG | | Permanent | LG1 | -Z |
| | | Self weight | | |

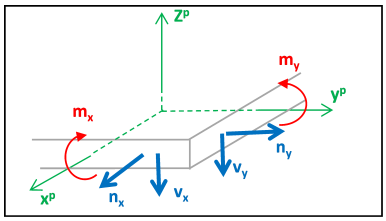


## 7. Nonlinear combinations

| Name | Type | Load cases | Coeff. [-] |
|---|---|---|---|
| NL_P1 | Ultimate | P1 | 1,000 |
| | | EG | 1,000 |

## 8. Result classes

| Name | List |
|---|---|
| Alle UGT | NL_P1 |




## 9. Resultaten 1D Interne Krachten

### 9.1. Resultaten 1D Interne Krachten - Alle UGT

| Name | List |
|---|---|
| Alle UGT | NL_P1 |

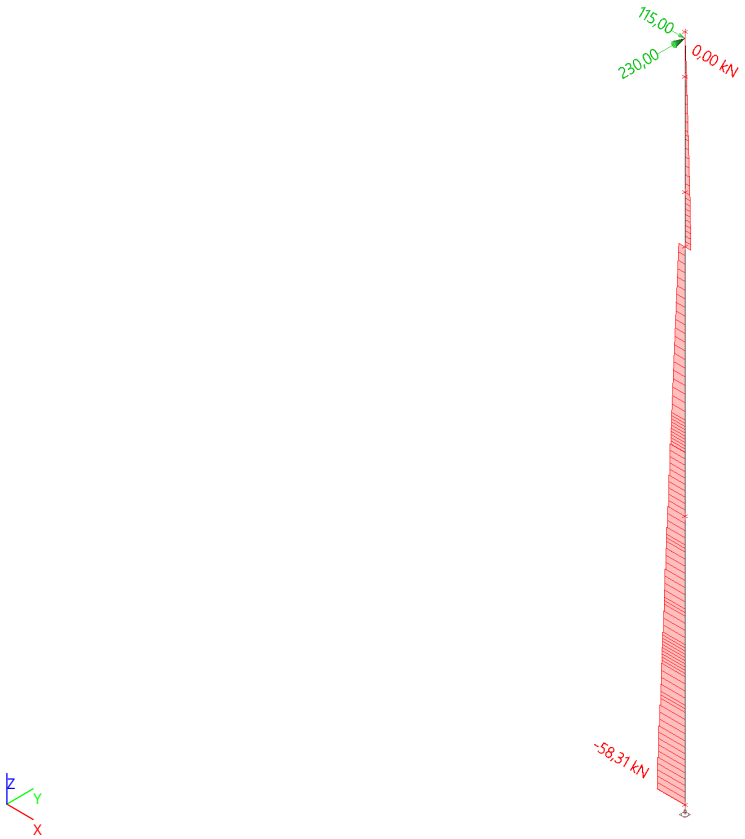
Nonlinear calculation
Class: Alle UGT
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All

| Name | dx [m] | Case | Cross-section | N [kN] | $V_y$ [kN] | $V_z$ [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S24 | 9,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm | -58,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

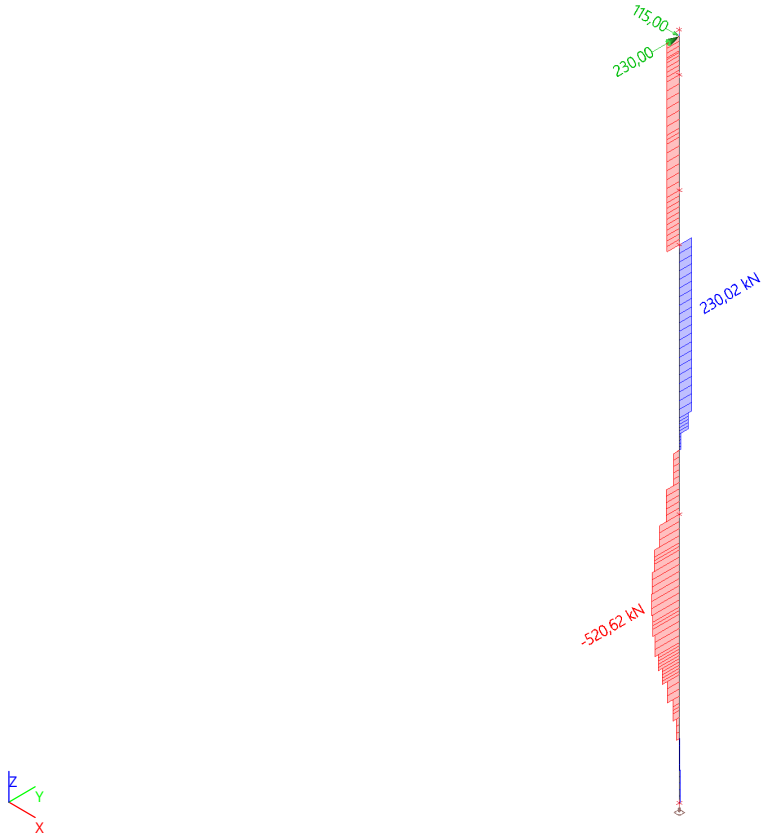
| Name | dx [m] | Case | Cross-section | N [kN] | $V_y$ [kN] | $V_z$ [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | | | | | | |
| S24 | 2,222 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -41,57 | -520,62 | -211,94 | 0,00 | 414,78 | 1465,39 |
| S24 | 8,393 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -57,03 | 19,45 | 13,89 | 0,00 | -8,28 | -11,60 |
| S24 | 0,889 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -38,22 | -466,37 | -245,59 | 0,00 | 727,29 | 2128,28 |
| S24 | 7,398 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -54,54 | 5,86 | 21,58 | 0,00 | -26,69 | -22,81 |
| S24 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -36,55 | -373,17 | -245,53 | 0,00 | 945,49 | 2480,45 |
| S24 | 6,333- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -50,78 | -123,88 | -11,17 | 0,00 | -41,81 | 9,28 |
| S24 | 7,000- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -52,45 | -51,58 | 9,81 | 0,00 | -35,27 | -25,13 |
| S25 | 7,803 | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | -34,35 | -250,97 | -228,63 | 0,00 | 1081,92 | 2630,07 |
| S25 | 2,700- | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | -20,17 | 230,02 | 115,01 | 0,00 | 1059,61 | 2119,76 |
| S25 | 5,900- | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | -28,21 | 163,95 | 47,72 | 0,00 | 1394,60 | 2824,36 |
| S25 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | -12,81 | 230,00 | 115,00 | 0,00 | 748,37 | 1497,00 |
| S25 | 6,400- | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | -29,58 | 30,90 | -79,92 | 0,00 | 1354,73 | 2840,07 |
| S26 | 0,850- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | -11,65 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -650,47 | 1301,13 |
| S26 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | -12,81 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -748,37 | 1497,00 |
| S26 | 1,700 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | -10,50 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -552,54 | 1105,24 |
| S27 | 1,800- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS (914,00; 8,70) | -7,07 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -345,31 | 690,69 |
| S27 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS (914,00; 8,70) | -10,50 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -552,54 | 1105,24 |
| S27 | 3,600 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS | -3,64 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -138,05 | 276,12 |

| Name | dx [m] | Case | Cross-section | N [kN] | $V_y$ [kN] | $V_z$ [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (914,00; 8,70) | | | | | | |
| S28 | 0,300 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | -2,86 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -103,54 | 207,09 |
| S28 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | -3,64 | -230,00 | 115,00 | 0,00 | -138,05 | 276,12 |
| S28 | 1,400 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

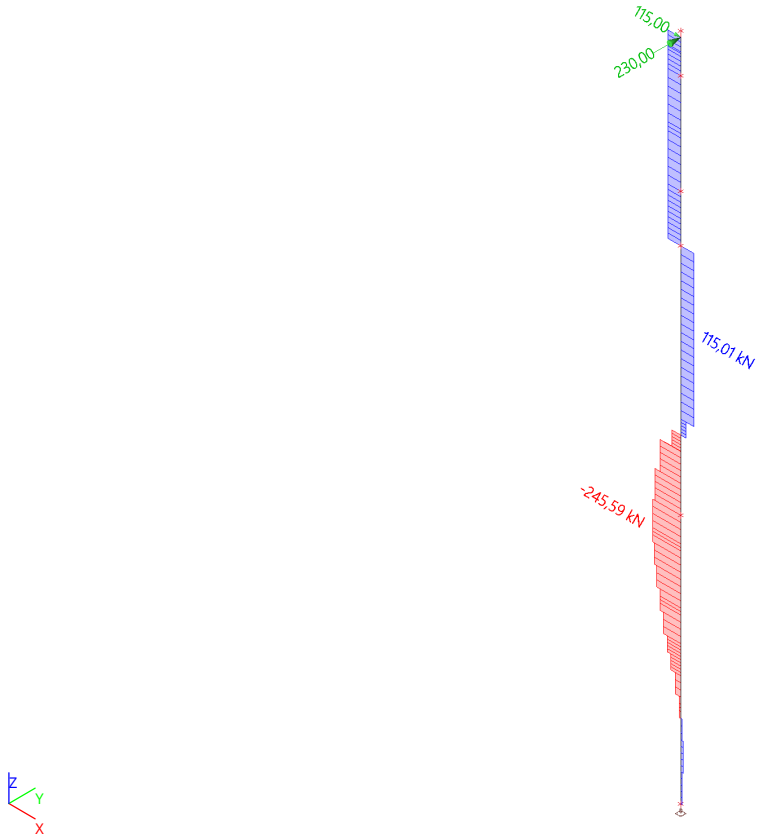
9.1.1. N



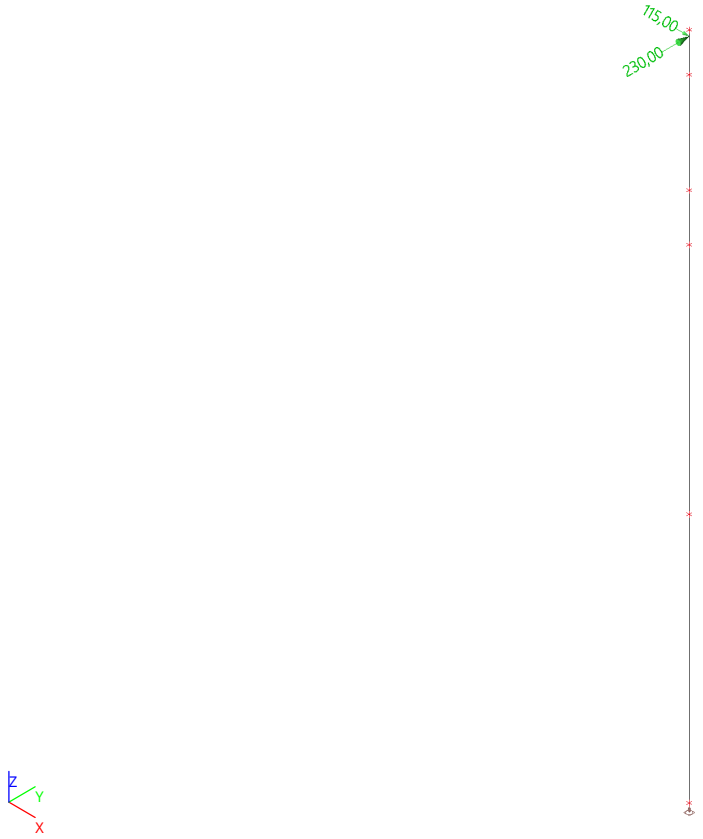
9.1.2. V_y


115,00
230,00
230,02 kN
-520,62 kN
Z
Y
X

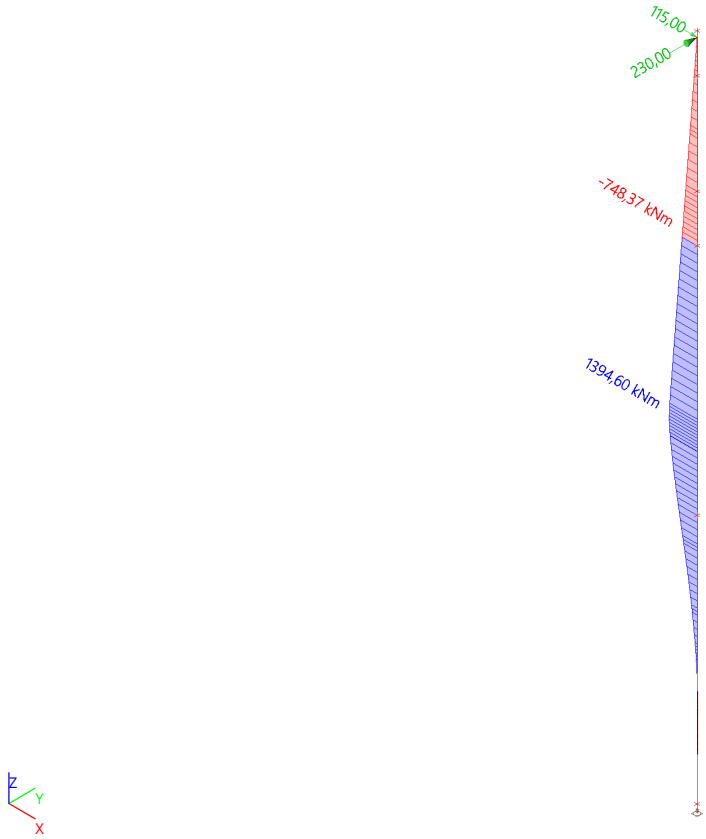
9.1.3. V_z


115,00
230,00
115,01 kN
-245,59 kN
Z
Y
X

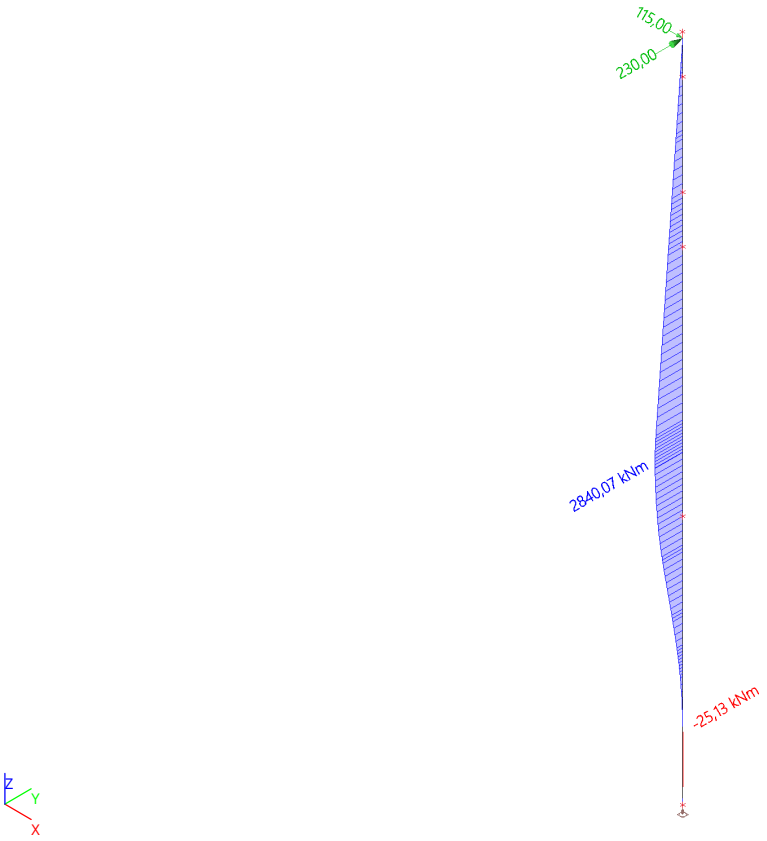
9.1.4. M_x




9.1.5. M_y



9.1.6. M_z




## 10. EC-EN 1993 Steel check ULS

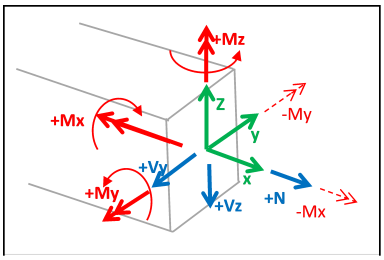
Values: $UC_{N,M,V,T}$
Nonlinear calculation
Class: Alle UGT
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All
There are 1 warnings on selected members. 1 of them are shown.
Section check

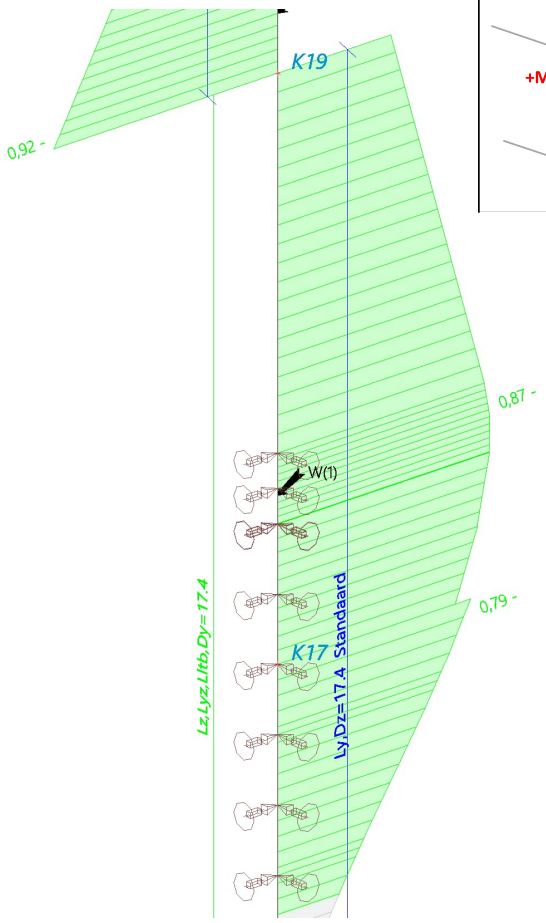
| Name | dx [m] | Case | Section Class | $UC_{Sec}$ [-] | $UC_{N-}$ [-] | $UC_{My}$ [-] $UC_{Mz}$ [-] | $UC_{Vy}$ [-] $UC_{Vz}$ [-] | $UC_{N,M,V,T}$ [-] | E/W/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S24 | 0,000 | NL_P1 | 3 | 0,79 | 0,00 | 0,28<br>0,74 | 0,07<br>0,04 | 0,79 | W10 |
| S25 | 5,900- | NL_P1 | 3 | 0,87 | 0,00 | 0,39<br>0,78 | 0,03<br>0,01 | 0,87 | W10 |
| S26 | 0,000 | NL_P1 | 3 | 0,92 | 0,00 | 0,41<br>0,82 | 0,08<br>0,04 | 0,92 | W10 |
| S27 | 0,000 | NL_P1 | 3 | 0,49 | 0,00 | 0,22<br>0,43 | 0,05<br>0,03 | 0,49 | W10 |
| S28 | 0,000 | NL_P1 | 3 | 0,10 | 0,00 | 0,04<br>0,08 | 0,04<br>0,02 | 0,10 | W10 |

| E/W/N | Present on members |
|---|---|
| W10 | S24, S25, S26, S27, S28 |

# 11. EC-EN 1993 UGT: staalcontrole; Doorsnedecontrole

Waarden: **Doorsnede controle**
Niet-lineaire berekening
Niet-lineaire combinatie: NL_P1
Coördinatenstelsel: Hoofd
Extreme 1D: Element
Selectie: Alle
Er zijn 1 waarschuwingen voor geselecteerde elementen. 1 ervan worden weergegeven.



# 12. 1D - Verplaatsingen

## 12.1. 1D - Verplaatsingen - Alle UGT

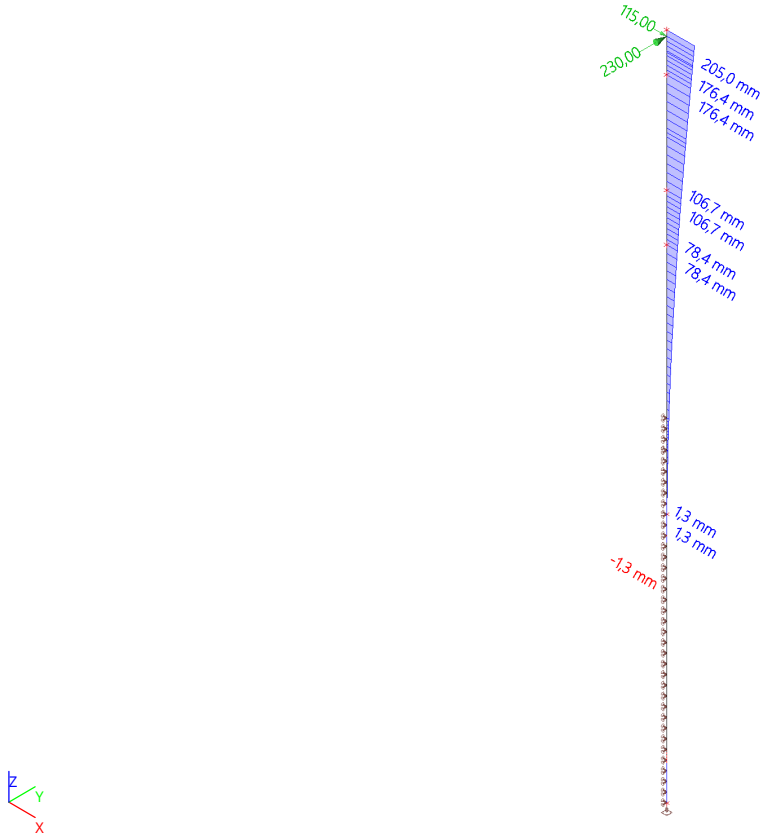
| Name | List |
|---|---|
| Alle UGT | NL_P1 |

Nonlinear calculation
Class: Alle UGT
Coordinate system: Global
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All
Deformations

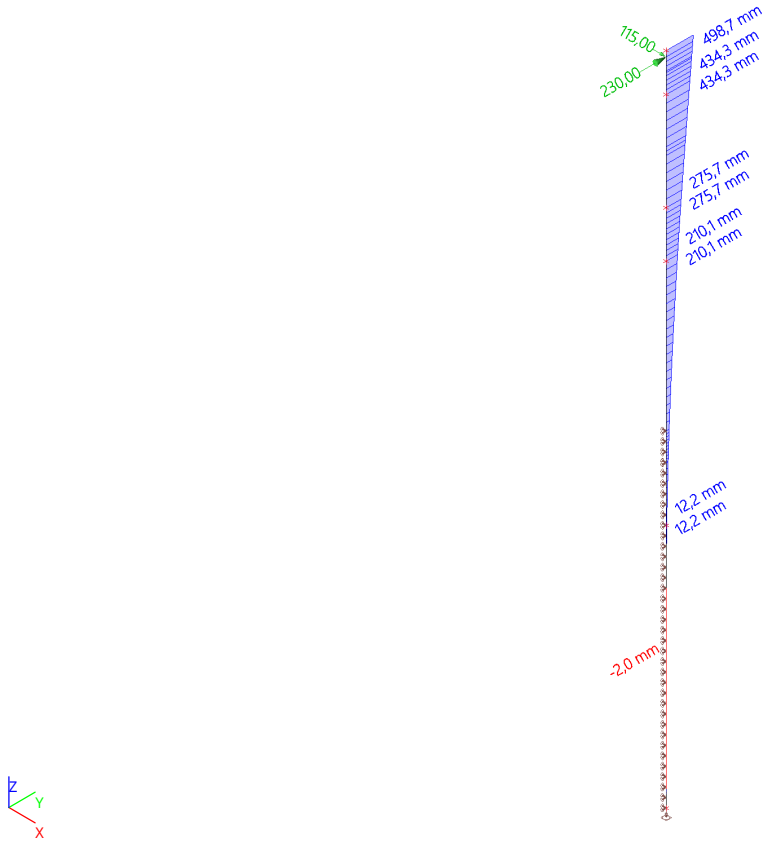
| Name | dx [m] | Case | Cross-section | $u_x$ [mm] | $u_y$ [mm] | $u_z$ [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | $U_{total}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S24 | 2,667- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -1,3 | -1,0 | -0,2 | -2,0 | 0,1 | 0,0 | 1,7 |
| S24 | 4,000- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -1,1 | -2,0 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | 0,0 | 2,3 |
| S24 | 9,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | 0,2 | 0,3 | -0,1 | 0,5 | -0,2 | 0,0 | 0,4 |
| S24 | 6,556 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | -0,2 | -0,9 | -0,1 | 0,5 | -0,3 | 0,0 | 0,9 |
| S24 | 5,000- | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm | -0,7 | -1,7 | -0,1 | 0,3 | -0,3 | 0,0 | 1,9 |

| Name | dx [m] | Case | Cross-section | $u_x$ [mm] | $u_y$ [mm] | $u_z$ [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | $U_{total}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | | | | | | | |
| S24 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 1.0 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,50) | 1,3 | 12,2 | -0,2 | -9,3 | 2,5 | 0,0 | 12,3 |
| S25 | 8,400 | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | 1,3 | 12,2 | -0,2 | -9,3 | 2,5 | 0,0 | 12,3 |
| S25 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (geen corrosie) - CHSCF914.0/12.5 | 78,4 | 210,1 | -0,2 | -35,3 | 15,0 | 0,0 | 224,3 |
| S26 | 1,700 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | 106,7 | 275,7 | -0,2 | -41,1 | 17,9 | 0,0 | 295,6 |
| S26 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 6.3 mm corrosie) - CHS (914,00; 6,20) | 78,4 | 210,1 | -0,2 | -35,3 | 15,0 | 0,0 | 224,3 |
| S27 | 3,600 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS (914,00; 8,70) | 176,4 | 434,3 | -0,2 | -45,7 | 20,2 | 0,0 | 468,7 |
| S27 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 3.8 mm corrosie) - CHS (914,00; 8,70) | 106,7 | 275,7 | -0,2 | -41,1 | 17,9 | 0,0 | 295,6 |
| S28 | 1,400 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | 205,0 | 498,7 | -0,2 | -46,0 | 20,3 | 0,0 | 539,1 |
| S28 | 0,000 | NL_P1 | 914x12,5 mm (met 0.6 mm corrosie) - CHS (914,00; 11,90) | 176,4 | 434,3 | -0,2 | -45,7 | 20,2 | 0,0 | 468,7 |

### 12.1.1. u_x




### 12.1.2. u_y



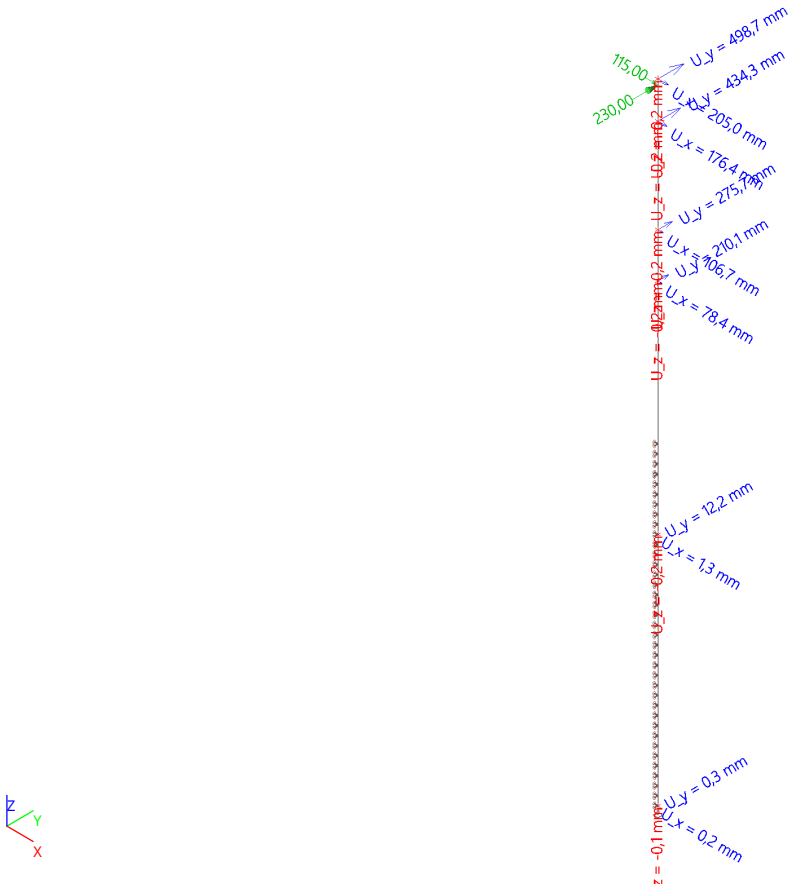
### 12.1.3. u_z

### 12.1.4. Displacement of nodes

Nonlinear calculation
Class: Alle UGT
Extreme: Node
Selection: All

| Name | Case | $U_x$ [mm] | $U_y$ [mm] | $U_z$ [mm] |
|---|---|---|---|---|
| K16 | NL_P1 | 205,0 | 498,7 | -0,2 |
| K17 | NL_P1 | 1,3 | 12,2 | -0,2 |
| K18 | NL_P1 | 0,2 | 0,3 | -0,1 |
| K19 | NL_P1 | 78,4 | 210,1 | -0,2 |
| K20 | NL_P1 | 106,7 | 275,7 | -0,2 |
| K21 | NL_P1 | 176,4 | 434,3 | -0,2 |

12.1.5. U_x; U_y; U_z

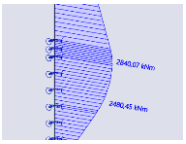

115,00
230,00
U_y = 498,7 mm
U_y = 434,3 mm
U_z = 205,0 mm
U_x = 176,4 mm
U_y = 275,7 mm
U_x = 210,1 mm
U_y = 106,7 mm
U_x = 78,4 mm
U_y = 12,2 mm
U_x = 1,3 mm
U_y = 0,3 mm
U_x = 0,2 mm
Z
Y
X

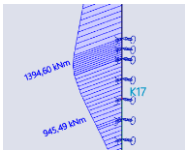
# Staal toetsing incl. lokale plooi (local buckling) - T.p.v. zandlaag

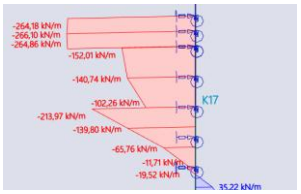
## Invoer sterktetoets buispaal

*Paragrafen, formule en tabel nummers zijn conform CROW Flexible Dolphins (CROW C1005)*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Diameter buispaal | D | = | 914,0 | [mm] | |
| Wanddikte | t | = | 12,5 | [mm] | |
| Straal buispaal gemiddeld | r | = | 450,8 | [mm] | *3.54* |
| Straal buispaal uitwendig | $r_{ut}$ | = | 457,0 | [mm] | |
| E-modulus | E | = | 210000 | [N/mm²] | |
| Traagheidsmoment om y-as | $I_{y,buis}$ | = | 3,60E+09 | [mm⁴] | |
| Traagheidsmoment om z-as | $I_{z,buis}$ | = | 3,60E+09 | [mm⁴] | |
| Elastisch weerstandsmoment | $W_{el,buis}$ | = | 7,87E+06 | [mm³] | |
| Plastisch weerstandsmoment | $W_{pl,buis}$ | = | 1,02E+07 | [mm³] | |
| Staaldoorsnede | $A_{buis}$ | = | 35 | [cm²] | |
| I staal doorsnede | I | = | 163 | [mm⁴] | |
| | | | | | |
| Productieklasse buispaal | | = | B | [-] | |
| Normaalkracht op de paal | F | = | 0,0 | [kN] | |
| Zijde gronddruk | | = | 2 zijdig | [-] | |
| Gronddruk rechts | $q_{grond;R}$ | = | 266,0 | [kN/m] | op NAP - 9,0 m |
| Gronddruk rechts | $q_{grond;R}$ | = | 291,0 | [kN/m²] | |
| Plate moment | $M_A$ | | 7,4 | [kNm/m] | *3.64* |
| Plate moment | $M_B$ | | 9,6 | [kNm/m] | *3.65* |
| Maximaal buigend moment | $M_{Ed}$ | = | 3163,0 | [kNm] | op NAP - 9,0 m |
| Maximale normaalkracht | $N_{Ed}$ | = | 35,0 | [kN] | |
| Maximale dwarskracht | $V_{Ed}$ | = | 0,0 | [kN] | |




## Bepaling doorsnedeklasse (informatief)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vloeigrens | $f_y$ | = | 460 | [N/mm²] | |
| Vloeirek | ε | = | 0,71 | [-] | $\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)}$ |
| Bepaling doorsnedeklasse | $(d/t)/\varepsilon^2$ | = | 143 | [-] | |
| Doorsnedeklasse | | = | 4 | [-] | *Tabel 3-23* |

## Rekenwaardes parameters buispaal na corrosie

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Totale corrosie | | = | 0,00 | [mm] | |
| Reductiefactor door corrosie | | = | 1,00 | [-] | |
| Buisdikte na corrosie | $t_{corr}$ | = | 12,5 | [mm] | |
| Profieldoorsnede na corrosie | $A_{corr}$ | = | 354 | [cm²] | |
| Gecorrigeerde elastisch weerstandmoment | $W_{el;corr}$ | = | 7,87E+06 | [mm³] | |
| Gecorrigeerde plastisch weerstandmoment | $W_{pl;corr}$ | = | 1,02E+07 | [mm³] | |

## Bepaling reductie factoren en gereduceerde momentcapaciteit

*Ovalisatie ten gevolge van productie*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Meenemen in berekening? | | = | Ja | [-] | |
| Ovalisatie door productie | $U_{,1}$ | = | 0,010 | [-] | *Tabel 3-24* |
| Afwijking door productie proces | $a_1$ | = | 2,3 | [mm] | *3.63* |

*Ovalisatie ten gevolge van trekkracht (NEN-EN 1993-5)*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Meenemen in berekening? | | = | Ja | [-] | |
| Afwijking door trekkrachten | $a_2$ | = | 0,00 | [mm] | |

*Ovalisatie ten gevolge van horizontale gronddruk*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Meenemen in berekening? | | = | Ja | [-] | |
| Deformatie in y-richting | $\Delta D_y$ | = | 29,3 | [mm] | *3.67* |
| Deformatie in x-richting | $\Delta D_x$ | = | -29,3 | [mm] | *3.68* |
| Afwijking door gronddruk | $a_3$ | = | 14,645 | [mm] | *1 zijde* |

*Ovalisatie ten gevolge van tweede orde effecten*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Meenemen in berekening? | | = | Ja | [-] | |
| Maximale spanning | $\sigma_{max}$ | = | 460 | [N/mm²] | $f_y$ |
| Kappa | κ | = | 4,19E-06 | [mm⁻¹] | |
| Afwijking door tweede-orde-effect | $a_4$ | = | 2,1 | [mm] | *3.69* |
| | | | | | |
| Totale waarde ovalisatie | $a_{totaal}$ | = | 19,0 | [mm] | $a_1 + a_2 + a_3 + a_4$ |

*Ovalisatie bij gevulde buis*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Buis gevuld met zand? | | = | Ja | [-] | |
| Elasticiteitsmodulus zand (verzadigd) | $E_{zand}$ | = | 10,00 | [MPa] | |
| Stijfheid staal | $k_{staal,z}$ | = | 9,94E+03 | [kN/m²] | *3.81* |
| Stijfheid zand | $k_{zand}$ | = | 2,22E+04 | [kN/m²] | *3.82* |
| Stijfheidsfactor | $k_{staal}/(k_{staal} + k_{zand})$ | = | 0,31 | [-] | |
| Totale waarde ovalisatie bij zandvulling | $a_{totaal;zand}$ | = | 7,5 | [mm] | *3.83 - zandvulling heeft alleen invloed op $a_2$, $a_3$ en $a_4$* |
| | | | | | |
| Te gebruiken ovalisatie | $a_{tot}$ | = | 7,5 | [mm] | |

## Plasticiteit

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nieuwe radius onder- en bovenkant buispaal | r' | = | 474,3 | [m] | *3.71* |
| Verhouding diameter/dikte | D/t | = | 73,1 | [-] | |
| Kritische rek | $\varepsilon_{cr}$ | = | 4,09E-03 | [-] | *3.72 en 3.73* |
| Vloeirek | $\varepsilon_y$ | = | 2,19E-03 | [-] | $f_y/E$ |
| Verhouding kritische rek t.o.v. vloeirek | μ | = | 1,87 | [-] | *3.55* |
| Plasticity rate | θ | = | 0,57 | [rad] | *3.56 en 3.57* |

## Bepaling reductiefactoren momentcapaciteit

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Plastische momentcapaciteit | $M_{pl,d}$ | = | 4673 | [kNm] | *3.60* |
| Elastische momentcapaciteit | $M_{el,d}$ | = | 3621 | [kNm] | *3.61* |
| Momentcapaciteit obv kritische rek (plastic ratio) | $M_R$ | = | 4439 | [kNm] | *3.58 en 3.59* |
| Buigend moment buiswand | $m'_{eff;Sd}$ | = | 2,6 | [kNm/m] | *Gem. $M_A$ en $M_B$* |
| Uiterste buigend moment buiswand | $m'_{pl;Rd}$ | = | 16,3 | [kNm/m] | *3.77* |
| Reductiefactor t.g.v. spanningen door ovalisatie | $c_1$ | = | 1,855 | [-] | *3.75* |
| Effect van spanningen door ovalisatie | g | = | 0,976 | [-] | |
| Effect van vervormingen door ovalisatie | $\beta_g$ | = | 0,989 | [-] | *3.76* |
| Effect van plotseling falen door buckling | $\beta_s$ | = | 0,943 | [-] | *3.78 t/m 3.80 en 3.84 t/m 3.86* |

## Ontwerpwaarden buigend moment, normaalkracht en dwarskracht

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Elastische momentcapaciteit | $M_{el,d}$ | = | 3296 | [kNm] | *3.61 - inclusief reductie door corrosie* |
| Momentcapaciteit obv kritsiche rek (plastic ratio), na reductie | $M_{Rd}$ | = | 4041 | [kNm] | *3.74 - inclusief reductie door corrosie* |
| Te gebruiken momentcapaciteit voor de toetsing | | = | Elastisch | [-] | |
| Toetswaarde moment | $M'_{Rd}$ | = | 3296 | [kNm] | |
| | | | | | |
| Ontwerpwaarde normaalkracht | $N_{Rd}$ | = | 16112 | [kN/m] | $N_{Rd} = g \cdot \pi \cdot D \cdot t \cdot f_y / \gamma_{M0}$ *- Inclusief reductie door corrosie* |
| | | | | | |
| Werkzaam afschuifoppervlak inclusief corrosie | $A_v$ | = | 2,25E+04 | [mm²] | |
| Ontwerpwaarde dwarskracht | $V_{pl;Rd}$ | = | 5985 | [kNm] | $V_{pl;Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$ *- Inclusief reductie door corrosie* |

## Toetsing buigend moment, normaalkracht en dwarskracht buispaal

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Toetsing moment (UC<1) | $M_{Ed}/M'_{Rd}$ | = | 0,96 | [-] | |
| Toetsing normaalkracht (UC<1) | $N_{Ed}/N_{Rd}$ | = | 0,00 | [-] | |
| Toetsing moment en normaalkracht combi (UC=<1) | | = | 0,96 | [-] | |
| Toetsing dwarskracht | $V_{Ed}/V_{pl;Rd}$ | = | 0,00 | [-] | |

# Bijlage IV

## Resultaten geotechnische analyses

# Bepalen horizontale beddingsconstanten volgens Ménard

BT Engineering

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Projectlocatie:** | Texel | **BTE-projectnummer:** | 2025 - 2536 |
| **Projectomschrijving:** | Aanmeerpaal Teso | **Grondonderzoek:** | |
| **Opmerkingen:** | Buispaal Ø914 | | |

## Invoer algemene parameters

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Representatieve sondering | | = | | [-] |
| Equivalente paaldiameter | $D_{eq}$ | = | 0.91 | [m] |
| Equivalente straal paal | $R_{eq}$ | = | 0.46 | [m] |
| Referentiestraal | $R_0$ | = | 0.30 | [m] |
| Type belasting | | = | Dynamisch | [-] |

## Bronnen

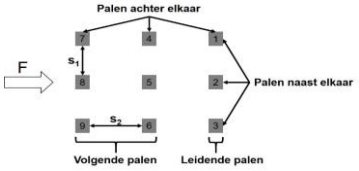
- CUR 228 Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen, p 32
- Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading, L.C. Reese and W.F. van Impe, 2007, p 159
- Grondgedrag, ir. P. Lubking, Feiten, normen en waarden met betrekking tot grond in de praktijk van de geotechniek
- NEN 9997-1+C2:2017

## Invoer parameters paalgroep

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Aantal palen naast elkaar | | = | 2 of meer | [-] |
| Hart op hart afstand (h.o.h.) naast elkaar | $s_1$ | = | 5.00 | [m] |
| Reductiefactor voor palen naast elkaar | $e_n$ | = | 1.00 | [-] |
| Aantal palen achter elkaar | | = | 1 | [-] |
| Reductiefactor voor palen achter elkaar | $e_a$ | = | 1.00 | [-] |
| Cyclische factor van toepassing? | | = | Nee | [-] |

## Uitgangspunten bij opzet en gebruik rekensheet

- Bij de reductiefactoren voor paalgroepen wordt geen onderscheid gemaakt tussen randpalen, hoekpalen en middenpalen
- Definities (gerelateerd aan de belastingsrichting van F):




## Gebruikte formules en grafieken

**Beddingsconstante volgens de theorie van Ménard:**

als R≥ $R_0$ → $\frac{1}{k_h} = \frac{1}{3E_p}\left[1{,}3R_0\left(2{,}65\frac{R}{R_0}\right)^{\alpha} + \alpha R\right]$

als R< $R_0$ → $\frac{1}{k_h} = \frac{2R}{E_p}\left[\frac{4+(2{,}65)^{\alpha}+3\alpha}{18}\right]$

**Rheologische factoren volgens Ménard:**

| Grondsoort [-] | α [-] | β [-] |
|---|---|---|
| Grind | 0.25 | 0.50 |
| Klei | 0.67 | 2.00 |
| Silt | 0.50 | 1.00 |
| Veen | 1.00 | 3.00 |
| Zand | 0.33 | 0.70 |

**Reductiefactoren paalgroepen:**

Naast elkaar:

als $1 \le \frac{S_1}{D_{eq}} \le 3{,}75 \rightarrow e = 0{,}64\left[\frac{S_1}{D_{eq}}\right]^{0{,}34}$ als $\frac{S_1}{D_{eq}} \ge 3{,}75 \rightarrow e = 1{,}0$

Leidende paal:

als $1 \le \frac{S_2}{D_{eq}} \le 4{,}0 \rightarrow e = 0{,}7\left[\frac{S_2}{D_{eq}}\right]^{0{,}26}$ als $\frac{S_2}{D_{eq}} \ge 4{,}0 \rightarrow e = 1{,}0$

Opvolgende paal:

als $1 \le \frac{S_2}{D_{eq}} \le 7{,}0 \rightarrow e = 0{,}48\left[\frac{S_2}{D_{eq}}\right]^{0{,}38}$ als $\frac{S_2}{D_{eq}} \ge 7{,}0 \rightarrow e = 1{,}0$

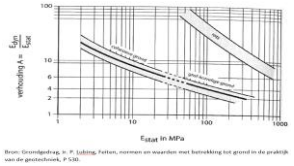
**Bepaling karakteristieke waarden en rekenwaarden:**

$k_{h;BGT;laag} = k_{h;gem} / 1{,}5$

$k_{h;UGT;laag} = k_{h;gem} / 2{,}0$

$k_{h;BGT;hoog} = k_{h;UGT;hoog} = k_{h;gem} * 1{,}5$

**Bepaling verhouding dynamische vs. statische elasticiteitsmodulus:**




Bron: Grondgedrag, ir. P. Lubking, Feiten, normen en waarden met betrekking tot grond in de praktijk van de geotechniek, P 530.

## Grondopbouw en resultaten

| Laag nummer | B.k. grondlaag | Grondsoort | Conusweerstand | Verhouding A | Rheologische factor | Elasticiteits-modulus | Rheologische factor | Horizontale beddingsconstante Alleenstaande paal Verwachtingswaarde | Horizontale beddingsconstanten per meter paal Inclusief groepseffecten Karakteristieke en rekenwaarden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dynamisch | | Dynamisch | Dynamisch | | |
| | | | $q_c$ | $E_{dyn}/E_{stat}$ | β | $E_p$ | α | $k_{h,Ménard}$ | $k_{h,BGT,laag}$ | $k_{h,UGT,laag}$ | $k_{h,BGT/UGT,hoog}$ |
| [-] | [m t.o.v. NAP] | [-] | [MPa] | [-] | [-] | [kPa] | [-] | [kN/m³] | [kN/m/m] | [kN/m/m] | [kN/m/m] |
| 1 | -7.00 | Zand | 3.00 | 2.5 | 0.70 | 5250 | 0.33 | 20367 | 12400 | 9300 | 27900 |
| 2 | -8.00 | Zand | 3.00 | 2.5 | 0.70 | 5250 | 0.33 | 20367 | 12400 | 9300 | 27900 |
| 3 | -15.00 | Zand | 15.00 | 2.5 | 0.70 | 26250 | 0.33 | 101834 | 62100 | 46500 | 139600 |

# Report for D-Sheet Piling 22.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

| | |
|---|---|
| Date of report: | 08/09/2025 |
| Time of report: | 15:52:47 |
| Report with version: | 22.2.1.38119 |
| | |
| Date of calculation: | 08/09/2025 |
| Time of calculation: | 15:52:09 |
| Calculated with version: | 22.2.1.38119 |
| | |
| File name: | Aanmeerpaal Ø914 x 12.5 |

# 1 Table of Contents


1 Table of Contents 2
2 Summary 3
2.1 Overview of Maxima 3
3 Input Data 4
3.1 General Input Data 4
3.2 Pile Properties 4
3.2.1 General Properties 4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour) 4
3.2.3 Maximum Allowable Moments 4
3.3 Outline 4
3.4 Horizontal Forces 5
3.5 Water Level 5
3.6 Surface 5
3.7 Soil Material Properties 5
3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen 5
3.9 Modulus of Subgrade Reaction 5
4 Calculation Results 6
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements 6
4.2 Moments, Forces and Displacements 6
4.3 Charts of Stresses 7
4.4 Stresses 7

# 2 Summary

## 2.1 Overview of Maxima

| Displacement [mm] | Moment [kNm] | Shear force [kN] | Mob. perc. moment [%] | Mob. perc. resistance [%] |
|---|---|---|---|---|
| 698.0 | -3598.81 | 637.56 | 0.0 | 9.9 |

# 3 Input Data

## 3.1 General Input Data

| | |
|---|---|
| Model | Single pile; Pile loaded by forces |
| Unit weight of water | 9.81 kN/m³ |
| Elastic calculation | Yes |

## 3.2 Pile Properties

| | |
|---|---|
| Length | 24.10 m |
| Level top side | 5.10 m |
| Number of sections | 1 |

### 3.2.1 General Properties

| Section name | From [m] | To [m] | Material type | Diameter [m] |
|---|---|---|---|---|
| Ø914 x 12.5 S460 | -19.00 | 5.10 | Steel | 0.91 |

### 3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

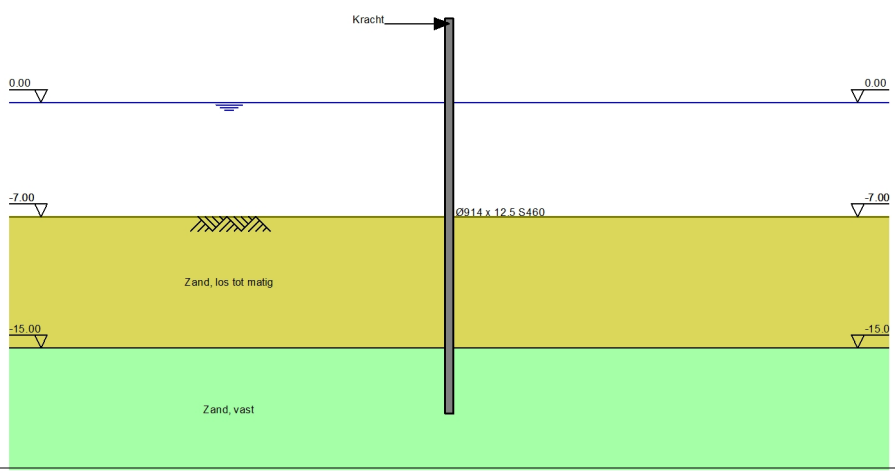
| Section name | Elastic stiffness EI [kNm²] | Red. factor on EI [-] | Corrected elas. stiffness EI [kNm²] | Note to reduction factor |
|---|---|---|---|---|
| Ø914 x 12.5 S460 | 7.5500E+05 | 1.00 | 7.5500E+05 | |

### 3.2.3 Maximum Allowable Moments

| Section name | Mr;char;el [kNm] | Modification factor [-] | Material factor [-] | Red. factor allow. moment [-] | Mr;d;el [kNm] |
|---|---|---|---|---|---|
| Ø914 x 12.5 S460 | 3621.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3621.00 |

## 3.3 Outline

**Outline**



### 3.4 Horizontal Forces

| Name | Level [m] | Load [kN] |
|---|---|---|
| Kracht | 4.80 | 265.00 |

### 3.5 Water Level

Water level: 0.00 [m]

### 3.6 Surface

Surface level: -7.00 [m]

### 3.7 Soil Material Properties

| Layer name | Level [m] | Unit weight | | Cohesion [kN/m²] | Friction angle phi [°] | Brinch Hansen used |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Unsat [kN/m³] | Sat. [kN/m³] | | | |
| Zand, los tot m... | -7.00 | 17.00 | 19.00 | 0.00 | 30.00 | Yes |
| Zand, vast | -15.00 | 19.00 | 21.00 | 0.00 | 35.00 | Yes |

| Layer name | Level [m] | Earth pressure coefficients | | | Additional pore pressure | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Active [-] | Neutral [-] | Passive [-] | Top [kN/m²] | Bottom [kN/m²] |
| Zand, los tot m... | -7.00 | 0.00 | 0.00 | 8.87 | 0.00 | 0.00 |
| Zand, vast | -15.00 | 0.00 | 0.00 | 19.18 | 0.00 | 0.00 |

### 3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

| Layer name | Level [m] | Fictive cohesion [kN/m²] |
|---|---|---|
| Zand, los tot m... | -7.00 | 0.00 |
| Zand, vast | -15.00 | 0.00 |

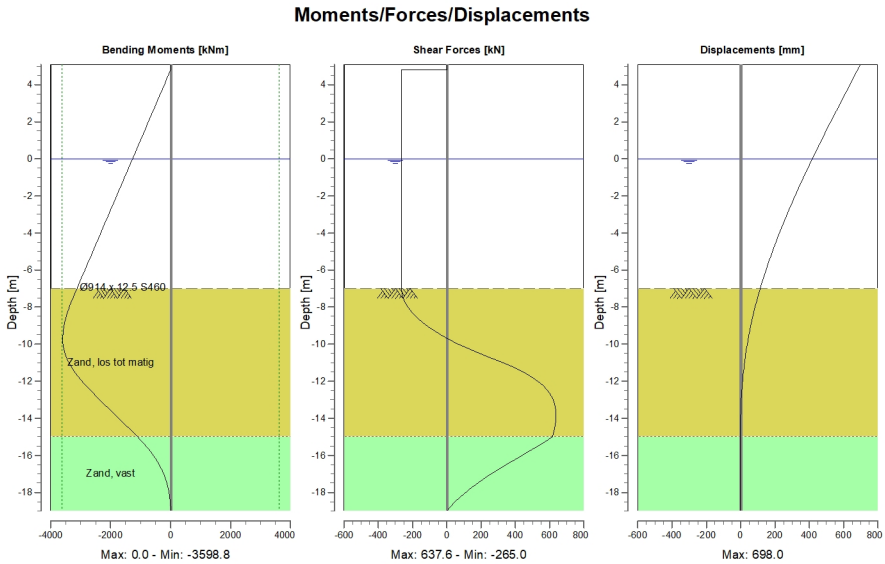
### 3.9 Modulus of Subgrade Reaction

| Layer name | Level [m] | Ménard used | E-Mod Ménard [kN/m²] | Soil type Ménard | Branch 1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Top [kN/m³] | Bottom [kN/m³] |
| Zand, los tot m... | -7.00 | No | n.a. | n.a. | 13578.00 | 13578.00 |
| Zand, vast | -15.00 | No | n.a. | n.a. | 67889.00 | 67889.00 |

# 4 Calculation Results

Number of iterations: 5

## 4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

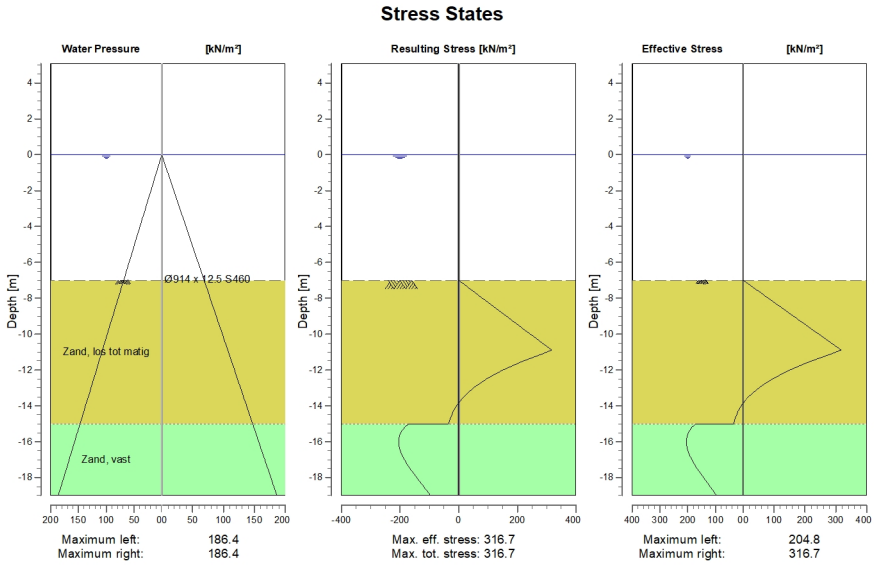



## 4.2 Moments, Forces and Displacements

| Segment number | Level [m] | Moment [kNm] | Shear force [kN] | Displacement [mm] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.10 | 0.00 | 0.00 | **698.0** |
| 1 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | 681.2 |
| 2 | 4.80 | 0.00 | -265.00 | 681.2 |
| 2 | 3.60 | -318.00 | -265.00 | 613.8 |
| 3 | 3.60 | -318.00 | -265.00 | 613.8 |
| 3 | 2.40 | -636.00 | -265.00 | 547.0 |
| 4 | 2.40 | -636.00 | -265.00 | 547.0 |
| 4 | 1.20 | -954.00 | -265.00 | 481.4 |
| 5 | 1.20 | -954.00 | -265.00 | 481.4 |
| 5 | 0.00 | -1272.00 | -265.00 | 417.7 |
| 6 | 0.00 | -1272.00 | -265.00 | 417.7 |
| 6 | -0.50 | -1404.50 | -265.00 | 391.8 |
| 7 | -0.50 | -1404.50 | -265.00 | 391.8 |
| 7 | -1.58 | -1691.58 | -265.00 | 337.4 |
| 8 | -1.58 | -1691.58 | -265.00 | 337.4 |
| 8 | -2.67 | -1978.67 | -265.00 | 285.6 |
| 9 | -2.67 | -1978.67 | -265.00 | 285.6 |
| 9 | -3.75 | -2265.75 | -265.00 | 236.9 |
| 10 | -3.75 | -2265.75 | -265.00 | 236.9 |
| 10 | -4.83 | -2552.83 | -265.00 | 191.7 |
| 11 | -4.83 | -2552.83 | -265.00 | 191.7 |
| 11 | -5.92 | -2839.92 | -265.00 | 150.5 |
| 12 | -5.92 | -2839.92 | -265.00 | 150.5 |
| 12 | -7.00 | -3127.00 | -265.00 | 113.7 |
| 13 | -7.00 | -3127.00 | -265.00 | 113.7 |

| Segment number | Level [m] | Moment [kNm] | Shear force [kN] | Displacement [mm] |
|---|---|---|---|---|
| 13 | -8.14 | -3411.41 | -216.57 | 80.1 |
| 14 | -8.14 | -3411.41 | -216.57 | 80.1 |
| 14 | -9.29 | **-3585.12** | -71.28 | 52.4 |
| 15 | -9.29 | **-3585.12** | -71.28 | 52.4 |
| 15 | -10.43 | -3537.43 | 170.87 | 30.9 |
| 16 | -10.43 | -3537.63 | 171.57 | 30.9 |
| 16 | -11.57 | -3168.29 | 460.71 | 15.5 |
| 17 | -11.57 | -3168.08 | 461.21 | 15.5 |
| 17 | -12.71 | -2546.08 | 603.82 | 5.5 |
| 18 | -12.71 | -2546.08 | 603.62 | 5.5 |
| 18 | -13.86 | -1829.34 | **637.56** | -0.1 |
| 19 | -13.86 | -1829.34 | 637.41 | -0.1 |
| 19 | -15.00 | -1109.80 | 616.11 | -2.5 |
| 20 | -15.00 | -1109.79 | 615.93 | -2.5 |
| 20 | -16.00 | -579.58 | 439.47 | -3.0 |
| 21 | -16.00 | -579.59 | 439.31 | -3.0 |
| 21 | -17.00 | -231.80 | 259.32 | -2.7 |
| 22 | -17.00 | -231.81 | 259.25 | -2.7 |
| 22 | -18.00 | -50.88 | 108.98 | -2.1 |
| 23 | -18.00 | -50.88 | 108.96 | -2.1 |
| 23 | -19.00 | 0.00 | 0.00 | -1.4 |
| Max | | **-3585.12** | **637.56** | **698.0** |
| Max, minor nodes incl. | | -3598.81 | 637.56 | 698.0 |

## 4.3 Charts of Stresses




## 4.4 Stresses

| Node number | Level [m] | Left | | | | Right | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Effective Stress [kN/m²] | Water stress [kN/m²] | Stat* | Mob** [%] | Effective Stress [kN/m²] | Water stress [kN/m²] | Stat* | Mob** [%] |
| 1 | 5.10 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 1 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 2 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |

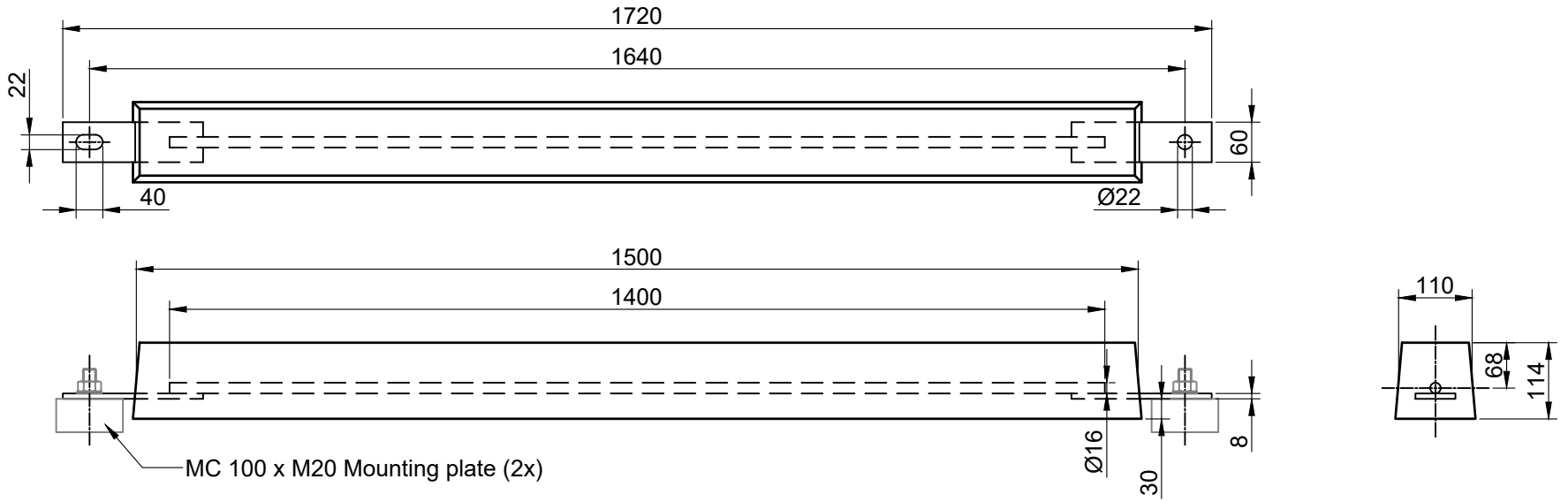
| Node number | Level [m] | Left | | | | Right | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Effective Stress [kN/m²] | Water stress [kN/m²] | Stat* | Mob** [%] | Effective Stress [kN/m²] | Water stress [kN/m²] | Stat* | Mob** [%] |
| 2 | 3.60 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 3 | 3.60 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 3 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 4 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 4 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 5 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | | 0.00 | 0.00 | - | |
| 6 | -0.50 | 0.00 | 4.91 | - | | 0.00 | 4.91 | - | |
| 7 | -0.50 | 0.00 | 4.91 | - | | 0.00 | 4.91 | - | |
| 7 | -1.58 | 0.00 | 15.53 | - | | 0.00 | 15.53 | - | |
| 8 | -1.58 | 0.00 | 15.53 | - | | 0.00 | 15.53 | - | |
| 8 | -2.67 | 0.00 | 26.16 | - | | 0.00 | 26.16 | - | |
| 9 | -2.67 | 0.00 | 26.16 | - | | 0.00 | 26.16 | - | |
| 9 | -3.75 | 0.00 | 36.79 | - | | 0.00 | 36.79 | - | |
| 10 | -3.75 | 0.00 | 36.79 | - | | 0.00 | 36.79 | - | |
| 10 | -4.83 | 0.00 | 47.41 | - | | 0.00 | 47.41 | - | |
| 11 | -4.83 | 0.00 | 47.41 | - | | 0.00 | 47.41 | - | |
| 11 | -5.92 | 0.00 | 58.04 | - | | 0.00 | 58.04 | - | |
| 12 | -5.92 | 0.00 | 58.04 | - | | 0.00 | 58.04 | - | |
| 12 | -7.00 | 0.00 | 68.67 | - | | 0.00 | 68.67 | - | |
| 13 | -7.00 | 0.00 | 68.67 | A | | 0.00 | 68.67 | P | |
| 13 | -8.14 | 0.00 | 79.88 | A | | 93.14 | 79.88 | P | |
| 14 | -8.14 | 0.00 | 79.88 | A | | 93.14 | 79.88 | P | |
| 14 | -9.29 | 0.00 | 91.09 | A | | 186.27 | 91.09 | P | |
| 15 | -9.29 | 0.00 | 91.09 | A | | 186.27 | 91.09 | P | |
| 15 | -10.43 | 0.00 | 102.30 | A | | 279.41 | 102.30 | P | |
| 16 | -10.43 | 0.00 | 102.30 | A | | 279.41 | 102.30 | P | |
| 16 | -11.57 | 0.00 | 113.52 | A | | 210.31 | 113.52 | - | 56 |
| 17 | -11.57 | 0.00 | 113.52 | A | | 210.31 | 113.52 | - | 56 |
| 17 | -12.71 | 0.00 | 124.73 | A | | 74.73 | 124.73 | - | 16 |
| 18 | -12.71 | 0.00 | 124.73 | A | | 74.73 | 124.73 | - | 16 |
| 18 | -13.86 | 1.23 | 135.94 | - | | 0.00 | 135.94 | A | |
| 19 | -13.86 | 1.23 | 135.94 | - | | 0.00 | 135.94 | A | |
| 19 | -15.00 | 34.21 | 147.15 | - | 5 | 0.00 | 147.15 | A | |
| 20 | -15.00 | 171.05 | 147.15 | - | 12 | 0.00 | 147.15 | A | |
| 20 | -16.00 | 204.84 | 156.96 | - | 13 | 0.00 | 156.96 | A | |
| 21 | -16.00 | 204.84 | 156.96 | - | 13 | 0.00 | 156.96 | A | |
| 21 | -17.00 | 185.12 | 166.77 | - | 10 | 0.00 | 166.77 | A | |
| 22 | -17.00 | 185.12 | 166.77 | - | 10 | 0.00 | 166.77 | A | |
| 22 | -18.00 | 143.30 | 176.58 | - | 7 | 0.00 | 176.58 | A | |
| 23 | -18.00 | 143.30 | 176.58 | - | 7 | 0.00 | 176.58 | A | |
| 23 | -19.00 | 95.93 | 186.39 | - | 4 | 0.00 | 186.39 | A | |

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Mob** Percentage passive mobilized

## End of Report

# Bijlage V

## Tekeningen en gegevens van kathodische bescherming




## Aluminium alloy specification - Duralnode XP

| Components | Impurities | Percentage (%) |
|---|---|---|
| Zinc | | 2.5 - 5.0 |
| Indium | | 0.015 - 0.040 |
| Titanium | | 0.01 - 0.02 |
| Aluminium | | Remainder |
| | Copper | 0.005 max |
| | Iron | 0.09 max |
| | Silicon | 0.05 max |
| | Others each | 0.02 max |
| | Others total | 0.05 max |

Avarage mean capacity: 2722 Ah / Kg (long term test)
Mean anode potential vs. SCE: -1.082 V (closed circuit potential)

Other specifications are available on request.

Note: All dimensions and weights are nominal. Dimensions in mm
All data is subject to change without prior notice
Insert blasted acc. to SA2.5 ISO8501-1

Nett Weight: 50.0 Kg
Gross Weight: 53.8 Kg

**Cathodic Protection Division**
Rietdekkerstraat 16
P.O. Box 4222
2980 GE Ridderkerk
Netherlands
Tel: +31 (0)180 48 28 28
E-mail: sales@mme.nl
www.mme-group.com

Projection:

Scale: 1:10

Order number:

# Aluminium Alloy Anode
## MME 500AB

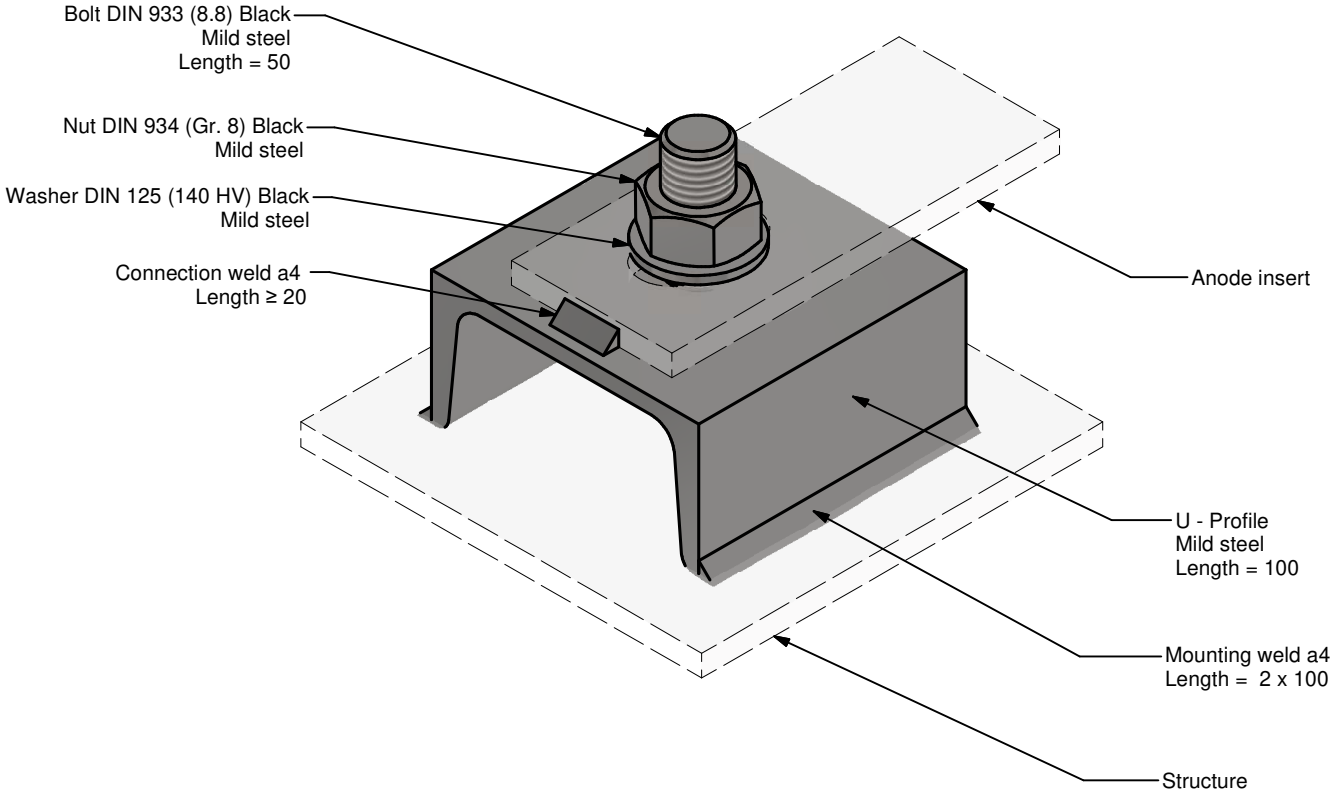
| | | | |
|---|---|---|---|
| Drawn: PdG | Date: 07-10-20 | Project: | Sheet 1/1 |
| Checked: EB | Date: 07-10-20 | Dwg: CMA 0500-06 | |
| Approved: DM | Date: 07-10-20 | | |

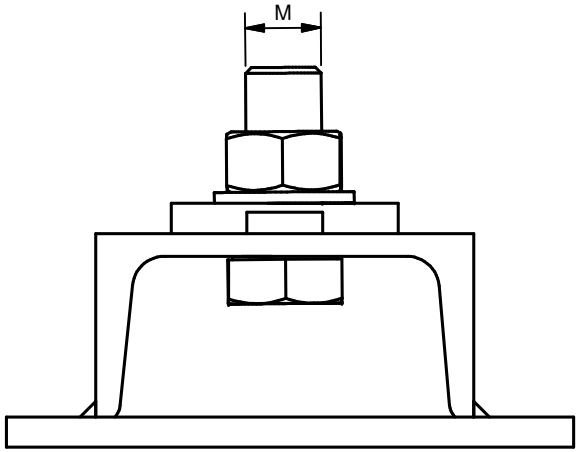
Copyright MME. No part of this drawing may be copied, disclosed, or made public, in any form, without prior written consent of Materiaal Metingen Europe.

A4

De B & de G

## Installation Requirements




| Product M20 | Product M24 | W | H |
|---|---|---|---|
| MO.003-01 | MO.004-01 | 100 | 50 |
| MO.003-02 | MO.004-02 | 125 | 65 |
| MO.003-03 | MO.004-03 | 140 | 60 |
| MO.003-04 | MO.004-04 | 150 | 75 |
| MO.003-09 | MO.004-09 | 150 | 90 |
| MO.003-05 | MO.004-05 | 160 | 65 |
| MO.003-06 | MO.004-06 | 175 | 75 |
| MO.003-07 | MO.004-07 | 180 | 75 |
| MO.003-08 | MO.004-08 | 200 | 75 |

Notes:
- All dimensions are nominal. Dimensions in mm

MME GROUP
**Cathodic Protection Division**
Tel: +31 (0)180 48 28 28
E-mail: sales@mme.nl
www.mme-group.com

# Mounting Bracket
Assembly drawing

| Dwg: | Revision: |
|---|---|
| MO.003-01-B01 | A |

| Drawn: | Checked: | Approved: | Scale: | Paper: |
|---|---|---|---|---|
| PdG 31-10-2024 | | | 1:2 | A4 |

Copyright © MME group. All rights reserved.