

# Achtergronden damwandkeuze Flaauwershaven

PZDT-R-09029 ontw

18 maart 2009

|   |            |                      |            |                   |
|---|------------|----------------------|------------|-------------------|
| Projectbureau Zeeweringen               |            | Status: Definitief   |            |                   |
| Achtergrond damwandkeuze Flaauwershaven |            | Versie: 2            |            |                   |
|   |            | Datum: 18 maart 2009 |            |                   |
| controle                                | Auteurs    | Intern               | Toetsgroep | Ambtelijk Overleg |
| Naam:                                   | [Redacted] |                      |            |                   |
| Paraaf:                                 | [Redacted] |                      |            |                   |
| Datum:                                  |            | 10-05-2009           | 31-6-09    | 8-6-2009          |
| Documentnummer: PZDT-R-09029 ontw.      |            |                      |            |                   |



014094 2009 PZDT-R-09029 ontw  
ers- eOntwerpnota Flauwers haven

# Inhoudsopgave

|                  |                                |           |
|------------------|--------------------------------|-----------|
|                  | <b>Samenvatting</b>            |           |
| <b>1</b>         | <b>Inleiding</b>               | <b>3</b>  |
| 1.1              | Algemeen                       | 3         |
| 1.2              | Leeswijzer                     | 3         |
| <b>2</b>         | <b>Bestaande situatie</b>      | <b>4</b>  |
| 2.1              | Projectgebied                  | 4         |
| 2.2              | Bestaande constructie          | 5         |
| 2.3              | Cultuurhistorie                | 6         |
| <b>3</b>         | <b>Oplossingsrichtingen</b>    | <b>10</b> |
| 3.1              | Alternatieven                  | 10        |
| 3.2              | Analyse alternatieven          | 11        |
| <b>4</b>         | <b>Keuze en afwegingen</b>     | <b>13</b> |
| 4.1              | Kostenraming                   | 13        |
| 4.2              | Behoud cultuurhistorie         | 13        |
| 4.3              | Keuze                          | 13        |
|                  | <b>Literatuur</b>              | <b>14</b> |
| <b>Bijlage 1</b> | <b>Situaties per oplossing</b> |           |
| <b>Bijlage 2</b> | <b>Memo kostenraming</b>       |           |

## Lijst met tabellen en figuren

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1  | Cultuurhistorische elementen in cluster Prommel | 8  |
| Figuur 2.1 | Locatie projectgebied                           | 4  |
| Figuur 2.2 | Indeling Flauwershaven                          | 4  |
| Figuur 2.3 | Café restaurant "De Heerenkeet"                 | 5  |
| Figuur 2.4 | Bestaande betonnen damwandconstructie           | 6  |
| Figuur 2.5 | Verzakkingen bestrating haventerrein            | 6  |
| Figuur 2.6 | Kaartsnede cultuurhistorisch cluster Prommel    | 8  |
| Figuur 3.1 | Doorsnede variant 1                             | 10 |
| Figuur 3.2 | Doorsnede variant 2                             | 10 |
| Figuur 3.3 | Doorsnede variant 3                             | 11 |
| Figuur 3.4 | Doorsnede variant 4                             | 11 |

---

# Samenvatting

---

Tijdens de voorbereiding van het dijkvak Polder Schouwen, Wevers- en Flauwersinlaag van Projectbureau Zeeweringen is een visuele inspectie van de bestaande constructie van de Flauwershaven uitgevoerd. Toen die in zeer slechte staat bleek is tijdens het Voorontwerp-overleg besloten Flauwershaven te verbeteren, zie hiervoor het verslag [8]. Omdat het een relatief klein werk betreft en het voordelen oplevert om dat met de rest van het werk samen te doen wordt het meegenomen binnen het project Zeeweringen.

Uit een analyse op het onderdeel cultuurhistorie bleek dat het haventje van Flauwers onderdeel uitmaakt van het cluster Prommel en twee cultuurhistorische elementen bevat. Deze elementen zijn CZO021, de Murálmuur die nu als windscherm dient bij café Heerenkeet, en CZO042, het haventje van Flauwers zelf. Op basis hiervan is gezocht naar oplossingen om de vorm en functie van Flauwershaven zo goed mogelijk te bewaren.

De mogelijke oplossingen zijn de volgende:

1. Verborgen glooiing achterlangs
2. Glooiing in haven
3. Damwand achterlangs
4. Damwand voorlangs

In een overleg met de provincie Zeeland als verantwoordelijke instantie voor cultuurhistorie is op 10 december 2008 besloten oplossing 4, damwand voorlangs, verder uit te werken. Zie hiervoor verder het besprekingsverslag van dit overleg [2]. Het ontwerp van de damwandconstructie is gerapporteerd in "Damwand ontwerp Flauwershaven, besteksontwerp" [3].



---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Algemeen

Het project Zeeweringen is opgestart om de steenbekledingen op de dijken langs de Oosterschelde en Westerschelde waar nodig weer op sterkte te brengen. Het project is gestart in 1997 en heeft een horizon tot 2015.

Het project Zeeweringen richt zich volgens haar scope alleen op de verbetering van de steenbekledingen. Echter in een dergelijk groot project komen veelvuldig overgangen voor naar andere constructietypen zoals havendammen, nollen en kunstwerken zoals gemalen of sluizen. Het gebied van Flauwershaven, gelegen in het dijkvak Weevers- en Flauwersinlaag, Heerenkeet en polder Schouwen, is hierin zelfs zo bijzonder dat gekozen is hiervoor een aparte oplossing uit te werken. Ondanks dat dit dus geen steenbekleding zal worden is ervoor gekozen dit onderdeel toch mee te nemen in het bestek van Weevers- en Flauwersinlaag, Heerenkeet en polder Schouwen.

Deze nota beschrijft welke oplossingen mogelijk waren en hoe tot een keuze is gekomen.

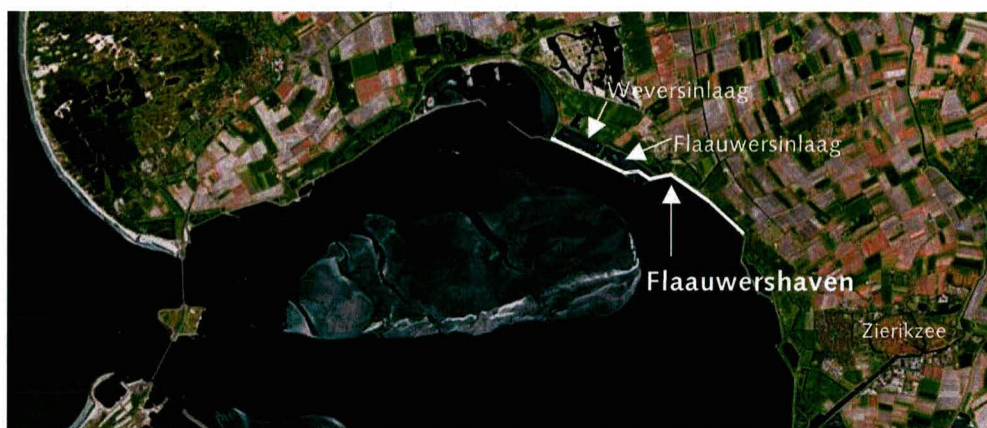
## 1.2 Leeswijzer

Ter informatie en inleiding wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het projectgebied en de historie en cultuur van dit gebied. Hoofdstuk 3 laat daarna zien welke oplossingen mogelijk lijken en hoe deze in een haalbaarheidsstudie naast elkaar zijn gezet. De uiteindelijk keuze wordt beschreven en onderbouwt in hoofdstuk 4.

## 2 Bestaande situatie

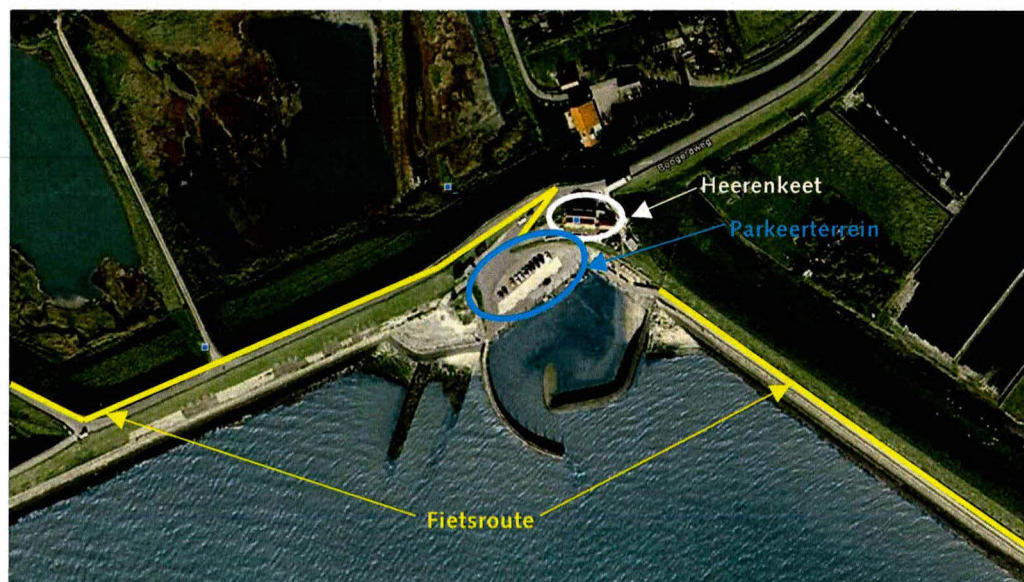
### 2.1 Projectgebied

Het dijkvak dat wordt verbeterd door project Zeeweringen en waarin Flauwershaven zich bevindt loopt van dijkpaal 101, aansluiting met dijkvak Schelphoek Oost, tot aan dijkpaal 145, aansluiting met dijkvak Kisters- of Suzanna's Inlaag.



Figuur 2.1 Locatie projectgebied

Het object Flauwershaven ligt tussen de dijkpalen 125+50m en 127+50m net ten oosten van het buurtschap Moriaanshoofd. Het haventerrein wordt op dit moment enkel gebruikt als parkeergelegenheid voor bezoekers van de aan het haventje gevestigde café en restaurant "De Heerenkeet". Onderstaande figuur geeft in meer detail de ligging en vorm van het haventje.



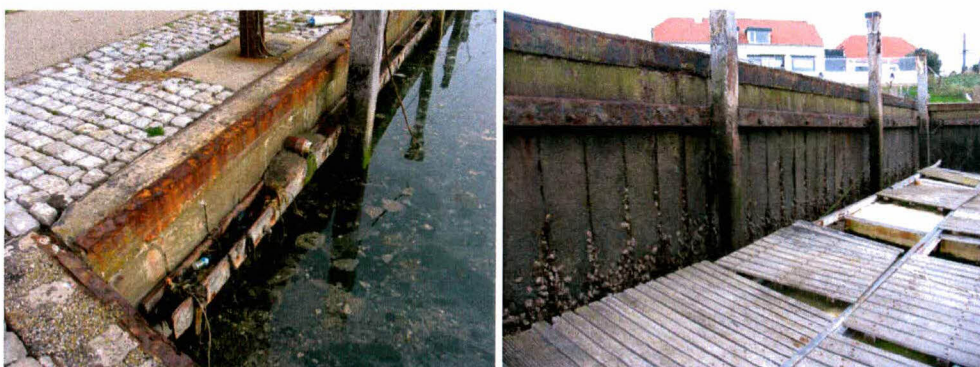
Figuur 2.2 Indeling Flauwershaven



Figuur 2.3 Café restaurant "De Heerenkeet"

## 2.2 Bestaande constructie

Op dit moment bestaat de constructie uit een combinatie van een betonnen damwandconstructie en een geasfalteerd haventerrein. De staat van met name de betonnen damwandconstructie is zeer slecht en deze dient dan ook vervangen te worden. In de huidige staat levert deze constructie niet voldoende sterkte en stabiliteit om als onderdeel van de waterkering ter plaatse te fungeren. Onderstaande figuren tonen de toestand van de constructie zoals aangetroffen tijdens een visuele inspectie.





Figuur 2.4 Bestaande betonnen damwandconstructie

De bekleding/bestrating van het haventerrein is nog in relatief goede staat. Echter zijn al veelvuldig verzakkingen opgetreden in de bestrating direct grenzend aan de betonnen damwand. Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt doordat de damwanden niet meer grond dicht aansluiten aan elkaar. Het zand dat door de damwanden uitspoelt wordt van bovenaf aangevuld waardoor aan het oppervlak verzakkingen ontstaan. Onderstaande figuren geven hiervan een beeld.



Figuur 2.5 Verzakkingen bestrating haventerrein

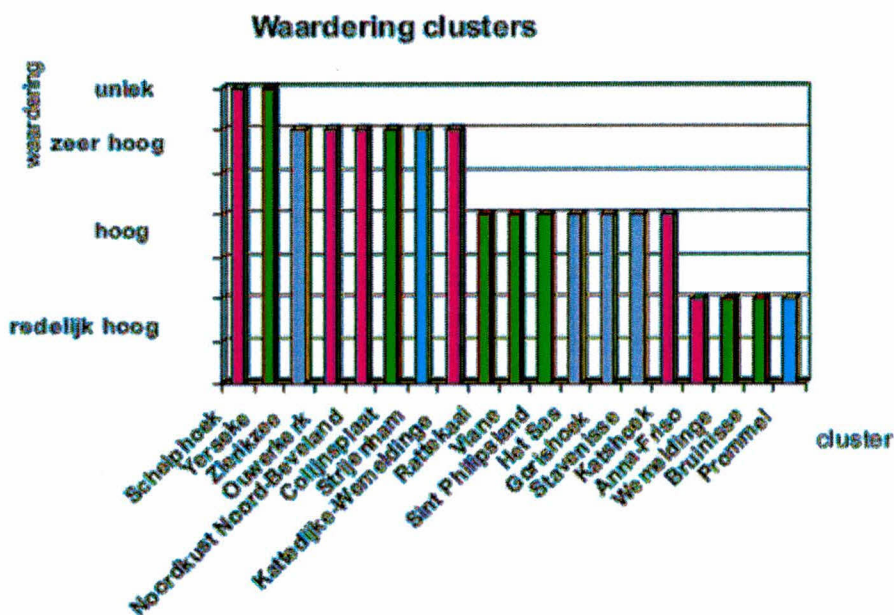
Omdat deze constructie in de huidige staat onvoldoende zekerheid biedt onder maatgevende omstandigheden dient hiervoor een oplossing gevonden te worden. Het niet bieden van voldoende zekerheid heeft betrekking op de algehele stabiliteit, de grond dichtheid van de constructie. Zonder deze zekerheid is ook de standzekerheid van het achterliggende dijklichaam niet te garanderen. De mogelijke oplossingen worden toegelicht in hoofdstuk 3. Startpunt van het onderzoek naar de oplossingen is geweest de cultuurhistorische waarde van Flauwershaven.

### 2.3 Cultuurhistorie

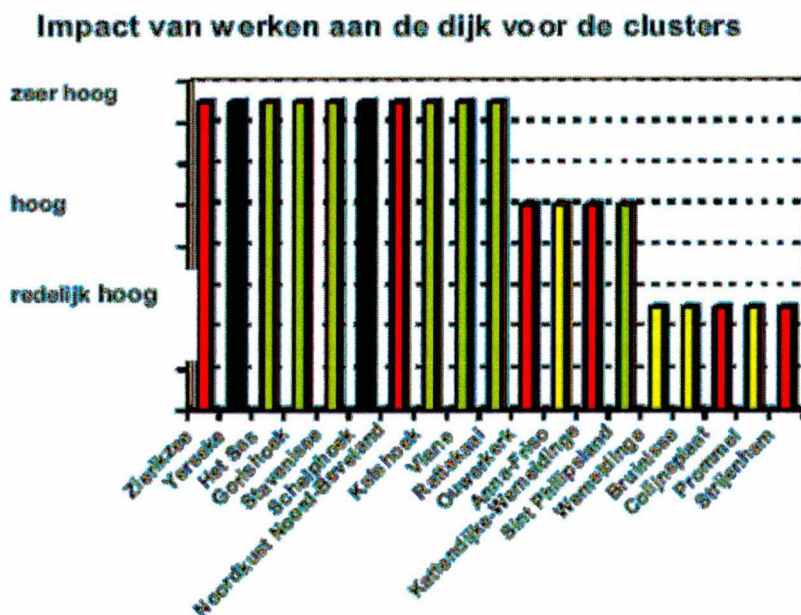
De analyse van de cultuurhistorie in Flauwershaven is gedaan aan de hand van het rapport "Cultuurhistorie aan de Oosterscheldedijken" [1] en de hieraan gekoppelde digitale kaart die bereikbaar is via de internetsite van project Zeeweringen, [www.zeeweringen.nl](http://www.zeeweringen.nl). Dit rapport is het resultaat van een inventarisatie die is uitgevoerd in opdracht van het projectbureau Zeeweringen. Aanleiding tot deze inventarisatie is het feit dat de Oosterschelde een Nationaal Park is waarin de natuur, ecologie en ook cultuurhistorie beschermd dienen te worden.



Op basis van deze digitale kaart is het gebied rond Flauwershaven onderzocht op de aanwezigheid van cultuurhistorische onderdelen. Hieruit is gebleken dat het gebied van Flauwershaven onderdeel uitmaakt van het cluster CZO-505 Prommel. Dit cluster is ingedeeld bij het Zeelandthema "Afwatering" en heeft als waardering "redelijk hoog". Ook de impact van werken aan de dijk op dit cluster wordt als "redelijk hoog" aangemerkt. Zie hiervoor de onderstaande figuren die zijn overgenomen uit [1].



Figuur 2.6 Waardering cluster, figuur 2 Cultuurhistorie langs de Oosterschelde



Figuur 2.7 Impact op clusters, figuur 4 Cultuurhistorie langs de Oosterschelde



In dit cluster bevinden zich de in onderstaande tabel gegeven cultuurhistorische elementen.

Tabel 2.1 Cultuurhistorische elementen in cluster Prommel

| CZO-code | Element                   |
|----------|---------------------------|
| 021      | Muraltmuur Heerenkeet     |
| 040      | Prommelsluis, sluisdammen |
| 041      | Gemaal Prommelsluis       |
| 042      | Haventje van Flauwers     |
| 043      | Jonge Sluis, sluisdammen  |



Figuur 2.8 Kaartsnede cultuurhistorisch cluster Prommel

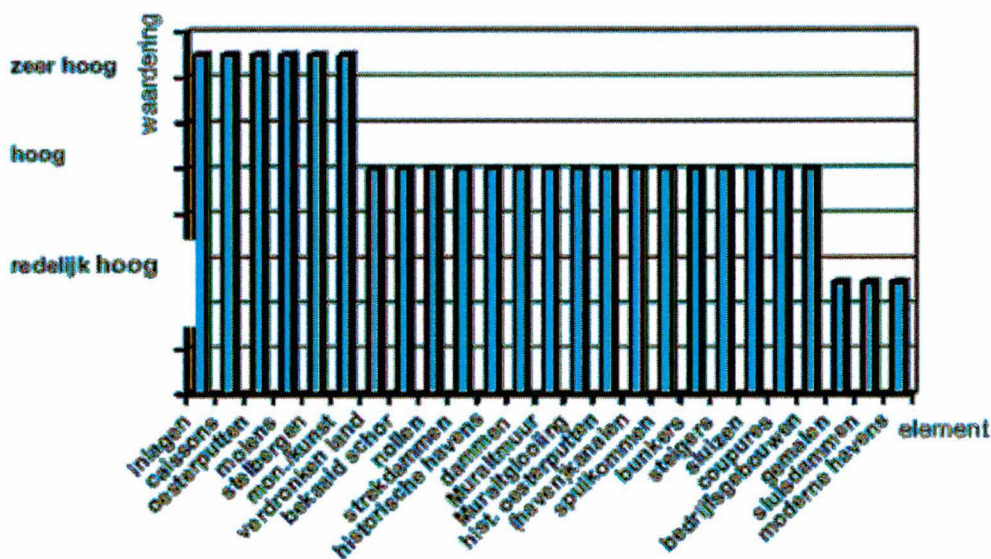
Inzoomen op elementniveau leert dat de waardering van de elementen historische haven en Muraltmuur hoog is. De impact van werken aan de dijk op het element Muraltmuur is zeer hoog, voor een historische haven geldt een impact die hoog is. Van belang is de status van het element CZO-042 Haventje van Flauwers. Dit element is namelijk het projectgebied zoals hiervoor beschreven. Het oordeel over de cultuurhistorie van dit element is als volgt:

- Beschermde status: *nee*
- Waardering: *zeer hoog*
- Impact: *redelijk groot*
- Advies: *aanpassen*

Onderstaande figuren geven de waardering en impact van werken aan de dijk weer op element niveau.

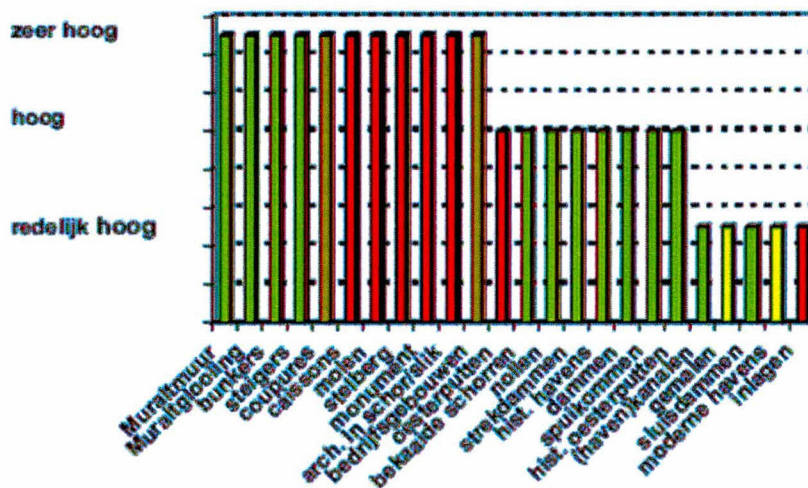


### Waardering elementen



Figuur 2.9 Waardering elementen, figuur 3 Cultuurhistorie langs de Oosterschelde

### Impact van werken aan de dijk voor de elementen



Figuur 2.10 Impact op elementen, figuur 5 Cultuurhistorie langs de Oosterschelde

Op basis van deze oordelen dient het haventje zoveel als mogelijk behouden te blijven. Bijzondere elementen in het haventje zijn de Muraltmuren bij De Heerenkeet en enkele oude gebruiksvoorwerpen zoals een lier en een weegbrug.

## 3 Oplossingsrichtingen

### 3.1 Alternatieven

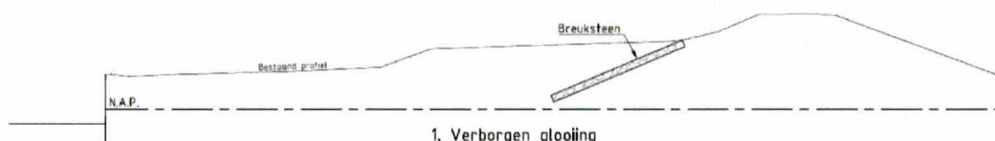
Om tot de beste oplossing te kunnen komen is overleg gevoerd met de provincie Zeeland als verantwoordelijke instantie voor cultuurhistorie. Voorafgaand aan dit overleg is een viertal alternatieven opgesteld die op dat moment haalbaar leken. Deze alternatieven zijn:

1. Verborgen glooiing achterlangs
2. Glooiing in haven
3. Damwand achterlangs
4. Damwand voorlangs

Het eerste alternatief is gebaseerd op de standaardconstructie "verborgene glooiing" zoals reeds vaker toegepast binnen het project Zeeweringen. De overige drie zijn maatwerk oplossingen voor deze situatie.

#### 3.1.1 Verborgene glooiing achterlangs

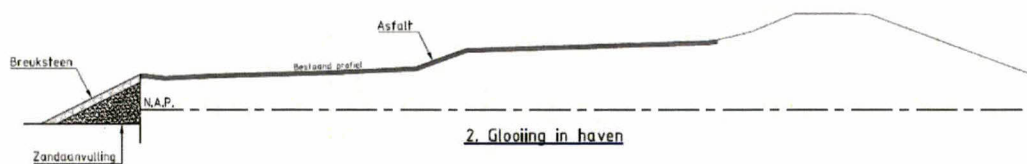
In deze variant wordt gebruik gemaakt van een veel bij project Zeeweringen gebruikte oplossing: een verborgene glooiing. Dit betekent dat achter en onder het haventerrein een glooiing wordt aangebracht in een vorm die het dijkprofiel volgt. Veelal wordt deze verborgene glooiing uitgevoerd in breuksteen en ingegoten met asfalt.



Figuur 3.1 Doorsnede variant 1

#### 3.1.2 Glooiing in haven

Ter versterking van de bestaande betonnen damwanden wordt voor de kade een glooiing aangebracht. Deze glooiing wordt afgewerkt met breuksteen en zo nodig versterkt door deze in te gieten. Het gehele haventerrein ligt onder het ontwerppeil en zal moeten worden gefixeerd door bijvoorbeeld het plateau tot boven ontwerppeil te asfalteren.

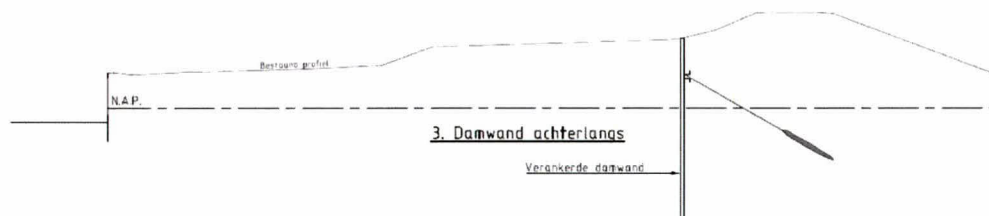


Figuur 3.2 Doorsnede variant 2



### 3.1.3 Damwand achterlangs

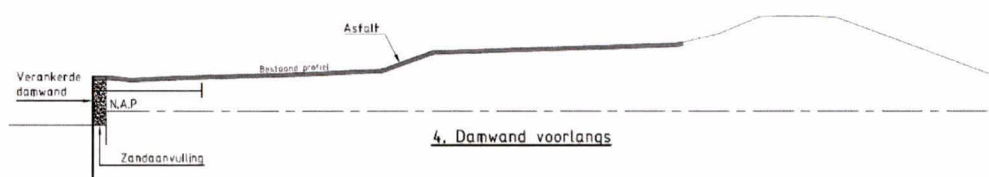
Om de hoeveelheid grondwerk te beperken kan een damwand achterlangs worden aangebracht. Dit betekent dat het havenplateau kan dienen als soort van voorland maar niet meewerkt in de sterkte en stabiliteit van de waterkering. De kerende hoogte van de wand zal groot moeten zijn door erosie van het havenplateau onder maatgevende omstandigheden.



Figuur 3.3 Doorsnede variant 3

### 3.1.4 Damwand voorlangs

In deze oplossing wordt voor, of in plaats van, de bestaande betonnen damwanden een nieuwe wand geplaatst. De vermoedelijke verankering wordt onder het havenplateau aangebracht. Het achterliggende havenplateau dient volledig te worden gefixeerd om schade en dus instabiliteit van de achterliggende waterkering te voorkomen.



Figuur 3.4 Doorsnede variant 4

## 3.2 Analyse alternatieven

Om te kunnen bepalen of het plaatsen van een damwandconstructie mogelijk zou zijn is grondonderzoek uitgevoerd. Op aangeven van het projectbureau Zeeweringen is door waterschap Zeeuwse Eilanden dit onderzoek aanbesteed. In het overleg van 10 december 2008 is onderstaande analyse gemaakt.

Variante 1 met de verborgen glooiing achterlangs is een al veelvuldig toegepaste constructie binnen het project Zeeweringen. Hierdoor is veel ervaring aanwezig bij de verschillende aannemers die voor dit project werken. Door het te verwachten teenniveau tot waar de verborgen glooiing doorgetrokken moet worden zal veel grondverzet nodig zijn. Vermoedelijk zal het overgrote deel van het haverterrein moeten worden afgegraven om de constructie aan te kunnen leggen. Daarbij zal het waterschap in de nabije toekomst alsnog het haventje moeten opknappen vanuit cultuurhistorisch oogpunt. Hoewel mogelijk heeft deze variant niet de voorkeur.

---

Variant 2 is een relatief simpel aan te brengen constructie met weinig grondverzet in het vooruitzicht. Wel dient het hele haventerrein gefixeerd te worden om het haventerrein onder maatgevende omstandigheden in tact te houden omdat het bij deze variant deel uitmaakt van de waterkering. Toch heeft deze variant niet de voorkeur omdat de functie van het haventje komt te vervallen. Het aanmeren van recreatievaartuigen is niet meer mogelijk door het talud met breuksteen in de haven. Hieraan gekoppeld verandert ook het uiterlijk van het haventje wat niet wenselijk is vanuit het oogpunt van zowel cultuurhistorie als recreatie. Daarbij worden problemen verwacht bij het aanbrengen van de glooiing in de haven zoals bij het plaatsen van de teen, het profileren van het talud en zettingen in de ondergrond.

Variant 3 betekent het plaatsen van een damwand in de kruin van de waterkering. Deze damwand neemt dan onder maatgevende omstandigheden de volledige waterkerende functie over van het grondlichaam. Gezien de te verwachten afmetingen van de constructie, lengte en zwaarte van de wand, wordt dit een bijzonder dure variant. Daarom heeft deze variant niet de voorkeur.

Variant 4 betekent het aanbrengen van een damwand voor de bestaande verticale wand. De grondkerende functie wordt dan overgenomen door de nieuwe constructie. Uiterlijk blijft het echter dezelfde constructie wat zeer wenselijk is vanuit cultuurhistorie en recreatie. Door het plaatsen van nieuwe meerpalen, zoals deze ook nu nog aanwezig zijn, blijft ook de functie van haventje behouden. Daarbij dragen deze palen tevens bij aan het uiterlijk van de haven zoals deze vermoedelijk in vroeger tijden is geweest. Wel is van belang dat ook bij deze variant het haventerrein volledig gefixeerd wordt. De damwandconstructie zal naar verwachting moeten worden voorzien van een verankering onder het haventerrein. Het fixeren moet voorkomen dat het haventerrein onder maatgevende omstandigheden gaat eroderen en de verankering niet meer kan functioneren. Het verlies van stabiliteit betekent dan het bezwijken van de waterkering. Deze variant heeft duidelijk de voorkeur doordat de vorm en functie van Flauwershaven het best behouden blijven. Van belang is echter nog of een dergelijk constructie haalbaar is in de ondergrond ter plaatse. Om dit te kunnen bepalen is grondonderzoek uitgevoerd.

Het onderzoek zou bestaan uit 12 sonderingen waarvan 8 op het land en 4 in het water. De meerkosten van een natte sondering ten opzichte van een landsondering zijn echter zeer hoog. Op voorstel van de aannemer is daarom besloten alleen de landsonderingen uit te voeren. Wanneer deze sonderingen hiertoe aanleiding zouden geven konden alsnog de natte sonderingen worden uitgevoerd. Dit bleek echter niet het geval. De acht gemaakte sonderingen gaven voldoende inzicht in de ondergrond om vast te kunnen stellen dat het plaatsen van een damwand haalbaar is.



## 4 Keuze en afwegingen

---

Om tot een keuze te kunnen komen zijn verschillende afwegingen gemaakt. Deze worden hieronder weergegeven.

### 4.1 Kostenraming

Om een indruk te krijgen van de kosten is een grove raming gemaakt voor de voorkeursvarianten zoals die in paragraaf 3.2 zijn genoemd. Langs de noordwest zijde wordt altijd uitgegaan van een damwand voorlangs de bestaande constructie. Voor de noordoost zijde wordt dit gecombineerd met dan wel een damwand voorlangs dan wel met een glooiing in de haven.

In bijlage 2 is de memo ingevoegd die over de kostenraming is geschreven. Uiteindelijk blijkt, op het moment van het voorontwerp, dat de kosten ca. €50.000,- verschillen in het voordeel van variant 2.

### 4.2 Behoud cultuurhistorie

De provincie Zeeland heeft in het overleg van 10 december 2008 duidelijk de voorkeur uitgesproken voor variant 4. Redenen hiervoor zijn het beste behoud van vorm en functie van Flauwershaven. Het historisch beeld blijft hierdoor het best bewaard en de herinrichting van het haventerrein verhoogt de belevingswaarde van de recreanten die met name op de fiets door het gebied komen.

### 4.3 Keuze

Alle argumenten tegen elkaar afwegend is tot het besluit gekomen variant 4, damwand voorlangs, te kiezen als definitieve variant. Dit omdat inmiddels is gebleken dat geen ruimtegebrek optreedt bij het uitvoeren van deze variant op de noordoost zijde van de haven.

---

## Literatuur

---

- [1] Cultuurhistorie aan de Oosterscheldedijken, Een cultuurhistorische visie bij dijkverbeteringswerken aan de Oosterschelde, Stichting Dorp, Stad & Land, Goes, februari 2008
- [2] Besprekingsverslag Cultuurhistorie Zeeweringen, PZDB-V-08307, 10 december 2008
- [3] Damwand Flaauwershaven, besteksontwerp, Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense, documentnummer 095444, februari 2009,
- [4] Visie Oosterschelde, Dienst Landelijk Gebied, Zeeland, 2002
- [5] Advies Landschap en cultuurhistorie Polder Schouwen Weevers- en Flauwersinlaag, Middelburg, 16 mei 2008
- [6] Voorontwerpnnotitie, Polder Schouwen, Weevers- en Flaauwersinlaag [05/06], Projectbureau Zeeweringen, E.H.G. Fiktorie, 7 augustus 2008, PZDT-R-274
- [7] Ecologisch advies steenbekleding Polder Schouwen dp127-dp144, Annemiek Persijn, 7 augustus 2008
- [8] Besprekingsverslag VO-overleg, PZDT-V-08256 ontw., 15 juli 2008



## Bijlage 1 Figuren

### Verborgen glooiing achterlans





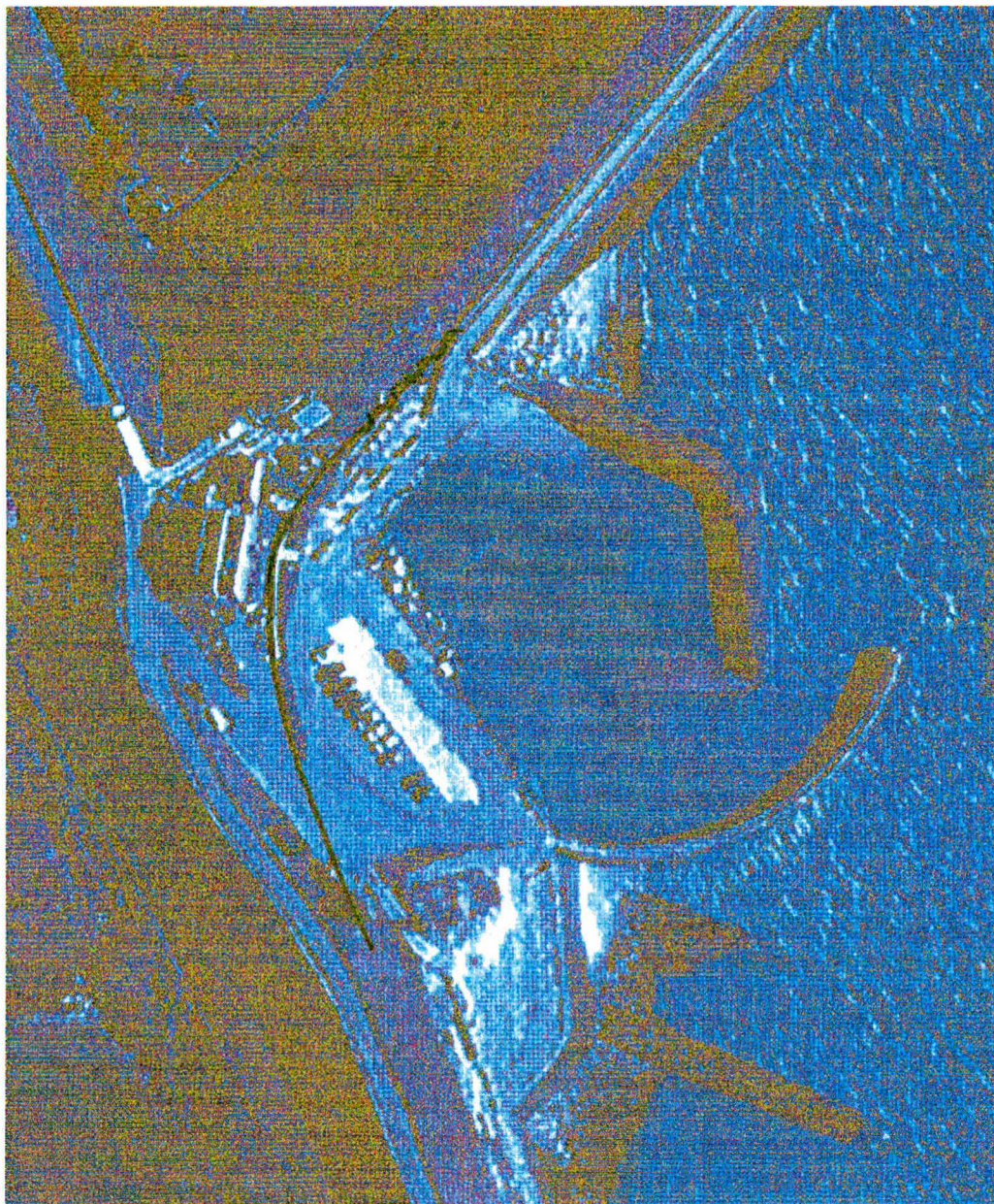
---

## Glooiing in haven





## Damwand achterlangs



---

## Damwand voorlangs





## Bijlage 2 Memo kostenraming

### Algemene uitgangspunten

De uitgangspunten zijn gebaseerd op het volgende:

- Luchtfoto's
- Overzichtstekening en doorsnedetekening 126 en 127
- Rapport grondonderzoek: 08-0673, 16 december 2008, Firma van der Straaten.
- Memo, Varianten Flaauwershaven, 5-12-08

Tijdens de bespreking van de bovenstaande memo met de provincie, is gekozen voor de volgende twee genoemde varianten.

### Overzicht varianten

1. Verborgten glooiing achterlangs
2. Glooiing in haven
3. Damwand achterlangs
4. Damwand voorlangs

Er zijn een tweetal varianten uitgewerkt en één alternatief, te weten:

4. Damwand voorlangs
- 4a Damwand voorlangs in combinatie met glooiing in haven
- 4b Alternatief: Toepassen van kunststof damwanden

Hieronder volgt een korte toelichting op de varianten.

#### *Damwand voorlangs*

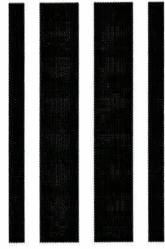
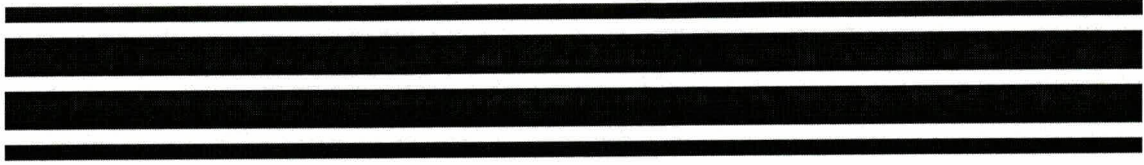
In deze variant wordt voor de bestaande betonnen damwanden een nieuwe wand geplaatst over de gehele haven. De vermoedelijke verankering wordt onder het havenplateau aangebracht. Het achterliggende havenplateau dient volledig te worden gefixeerd om schade en dus instabiliteit van de achterliggende waterkering te voorkomen.

Voordeel van deze oplossing is dat de vorm en functie van het haventje behouden blijven. De overlast van deze oplossing zal minimaal zijn doordat de verticale wand, naar verwachting, relatief kort zal kunnen zijn.

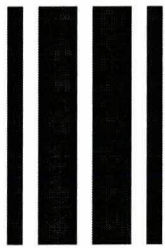
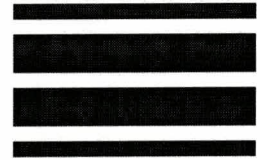
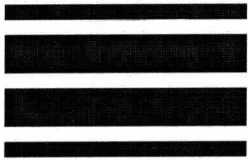
Nadeel is dat gewerkt zal worden met stalen damwanden waarvan de kosten hoog zullen zijn. Het aanbrengen van de verankeringen zal enig grondwerk nodig maken.

#### *Damwand voorlangs in combinatie met glooiing in haven*

Voor de lange zijde wordt in deze variant eveneens gekozen voor toepassing van een damwand voorlangs. Voor de korte zijde (41 meter) wordt een glooiing voorgesteld. Ter versterking van de bestaande betonnen damwanden wordt voor de kade een glooiing aangebracht. Deze glooiing wordt afgewerkt met breuksteen en ingegoten met asfalt. Het gehele haventerrein ligt onder het ontwerppeil en zal moeten worden gefixeerd door bijvoorbeeld het plateau tot boven ontwerppeil te asfalteren.



# Toggle Patch



---

Voordeel van deze oplossing is dat voor de korte zijde geen grondwerk nodig is en alleen breuksteen aangevoerd hoeft te worden voor de glooiing in de haven. Onder maatgevende omstandigheden zal het haventje in stand blijven. De overlast bij het aanbrengen van de breuksteen is minder dan voor de damwand.

Nadeel hier is dat de functie van haven deels komt te vervallen, al is hiervoor wel een oplossing te bedenken met meerpalen en enkele loopbruggetjes in het kader van recreatievaart.

#### *Kunststof damwand*

Een alternatief voor een stalen damwand is een kunststof damwand. Voordeel van een kunststof profiel is vooral het duurzaamheids aspect. Duurzaamheid in een aantal opzichten, namelijk:

- Lange levensduur
- Gerecycled materiaal. (hoge LCA-waarde)

Nadeel is onder andere de onbekendheid met kunststof damwanden en hun geringe sterkte. Op basis van de te keren hoogte blijkt dan ook dat de kunststof damwand niet mogelijk is.

### **Uitgangpunten ontwerp**

Voor het ontwerp is uitgegaan van een bodemniveau in de haven NAP-1,00m en een bovenkant van de deksloof op NAP+2,45m. De kerende hoogte van de damwand komt hiermee op 3,55m. Het teenniveau van de damwand is berekend op NAP-5,55m waardoor de lengte van de damwand uitkomt op 8,00m. De kop van de damwand wordt afgewerkt met een betonnen deksloof.

De nieuw te plaatsen damwand wordt op ca. 1 meter zeewaarts van de bestaande damwand geplaatst. In het ontwerp is aan deze damwand echter geen sterkte meer toegekend. In de uitvoering is deze damwand nog wel van belang. Reden om de bestaande damwand te laten staan is dat verwijderen niet nodig is voor de nieuwe constructie. Gezien de staat van het beton van de damwanden zal het daarbij zeer lastig zijn deze damwanden als geheel te verwijderen.

Omdat het een haventerrein is dienen verder geen constructie gesloopt te worden om met het benodigde materieel op de bouwplaats te kunnen komen. Wel dienen aan de korte zijde van de haven een aantal losstaande Muraltmuren te worden opgenomen en herplaatst na afronden van de werkzaamheden. Ook is een enkele oude lier aanwezig.

De bodem van de haven bestaat niet uit bijzonder erosiebestendig materiaal. In het ontwerp is desondanks geen rekening gehouden met het aanbrengen van een bodembescherming. Hiervoor is in de berekening dan ook geen overdiepte aangenomen. De vaarbewegingen in de haven zijn van dien aard dat het niet de verwachting is dat door schroefstralen en dergelijke ontgroning op zal treden.

Omdat de vaarbewegingen minimaal zijn en de bootjes zeer klein zijn worden geen afmeervoorzieningen ontworpen als onderdeel van de kade. Deze belasting uit afgemeerde bootjes is verwaarloosbaar ten opzichte van de belasting uit de gronddrukken. Wel dienen op de deksloof enkele afmeeringen te worden aangebracht om het afmeren van kleine vaartuigen mogelijk te maken. Ter vervanging van de bestaande afmeerpalen zullen wel nieuwe worden geplaatst vanuit cultuurhistorisch oogpunt.

De aanbrengen van voorzieningen als stroom en drinkwater is niet van toepassing.



## Constructie

De totale kadelengete bedraagt 104 meter. De lange zijde (noordwest) meet 63 meter en de korte zijde (noordoost) 41 meter. De varianten bestaan uit de volgende onderdelen:

| Variant                 | Lengte    | Onderdeel  |
|-------------------------|-----------|--|
| Damwand voorlangs       | 104 meter | Damwand<br>Legankers<br>Ankerscherm<br>Gordingen |
| Damwand i.c.m. glooiing | 63 meter  | Damwand<br>Legankers<br>Ankerscherm<br>Gordingen |
|                         | 41 meter  | Aanvulzand<br>(ingegoten) Breuksteen             |

## Kostenraming en uitvoering

De varianten zijn globaal geraamd op basis van materiaalkosten.

| Variant                 | Kosten    |
|-------------------------|-----------|
| Damwand voorlangs       | € 150.000 |
| Damwand i.c.m. glooiing | € 100.000 |

De lengte waarover aan de korte zijde een leganker kan worden aangebracht is beperkt. Deze situatie is dan ook verder uitgewerkt. Hieruit blijkt dat ondanks de geringe ruimte deze optie uitvoerbaar is.

## Conclusie

Variant 1, damwand voorlangs, geniet de voorkeur boven variant 2, Damwand i.c.m. de glooiing.

Variant 1:

- + Best behoud van de haven

Variant 2:

- Zettingen te verwachten door ophoging. Waardoor onzekerheid aansluiting op bestaande wand. In kort tijdbestek ook mogelijk al herstel nodig vanwege zettingen.
- De glooiing neemt minimaal 5 meter van de haven in, en daarmee vermindert het wateroppervlak.
- + Lagere kosten

P2DT-R-0902g ontw

**Projectbureau Zeeweringen**

Damwand Flaauwershaven

Besteksontwerp

documentnr. 095444



Raadgevend Ingenieurs-  
bureau Lievensse B.V.  
Postbus 3199  
4800 DD Breda NL  
Tramsingel 2  
4814 AB Breda NL  
Nederland  
telefoon  
+31(0)76-522 50 22  
fax  
+31(0)76-522 30 26  
email  
info@lievensse.com  
site  
www.lievensse.com

## Projectbureau Zeeweringen

Damwand Flaauwershaven

Besteksontwerp

documentnr. 095444

| Rev. | Opgesteld door | Paraaf    | Datum      | Geverifieerd door | Paraaf     | Datum          |
|------|----------------|-----------|------------|-------------------|------------|----------------|
| 0a   | E. Fiktorie    |           | 16-02-2009 | H. van den Elsen  |            |                |
| 0b   | E. Fiktorie    |           | 18-02-2009 | H. van den Elsen  |            |                |
| 1a   | E. Fiktorie    | <i>EF</i> | 04-03-2009 | H. van den Elsen  | <i>Jou</i> | <i>4-3-'09</i> |
|      |                |           |            |                   |            |                |

## Projectbureau Zeeweringen

DAMWAND FLAAUWERSHAVEN

### Besteksontwerp

Documentnr. 095444

## Inhoud

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INLEIDING</b>                         | <b>1</b>  |
| 1.1       | Algemeen                                 | 1         |
| 1.2       | Leeswijzer                               | 1         |
| <b>2.</b> | <b>Randvoorwaarden en uitgangspunten</b> | <b>2</b>  |
| 2.1       | Algemeen                                 | 2         |
| 2.2       | Waterstanden en golven                   | 3         |
| 2.3       | Grondprofiel                             | 3         |
| 2.4       | Belastingen                              | 4         |
| 2.5       | Materialen en corrosie                   | 4         |
| 2.6       | Fasering                                 | 5         |
| 2.7       | Controleberekeningen                     | 5         |
| <b>3.</b> | <b>Ontwerp</b>                           | <b>6</b>  |
| 3.1       | Type berekening                          | 6         |
| 3.2       | Damwand                                  | 6         |
| 3.3       | Stabiliteit en Kranz                     | 8         |
| 3.4       | Verankeringsysteem                       | 8         |
| 3.5       | Betonsloof                               | 10        |
| <b>4.</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>       | <b>13</b> |
| 4.1       | Conclusies                               | 13        |
| 4.2       | Aanbevelingen                            | 13        |

## **Projectbureau Zeeweringen**

DAMWAND FLAAUWERSHAVEN

### **Besteksontwerp**

Documentnr. 095444

## **Bijlagen**

- [A] Waterstandgegevens Stavenisse
- [B] Beschikbare sonderingen
- [C] Uitvoer berekening hoofdwand
- [D] Uitvoer controle ankerwand en gording
- [E] Uitvoer berekening betonnen deksloof

## **Referenties**

- [I] Memo Varianten Flauwershaven, Lieverse, 5 december 2009
- [II] CUR166 Damwandconstructies, CUR, 4de druk, oktober 2005, Delft
- [III] NEN6720, Voorschriften beton TGB1990, Constructieve eisen en rekenmethoden, 2de druk, NNI, september 1995, Delft
- [IV] NEN6740, Geotechniek TGB1990, Basiseisen en belastingen, NNI, september 2006, Delft
- [V] NEN6770, Staalconstructies TGB1990, Basiseisen en rekenregels voor overwegend statisch bepaalde constructies, NNI, 2de druk, mei 1997, Delft
- [VI] Tabellen voor bouw- en waterbouwkunde, 8ste druk, 2000
- [VII] Handleiding MSheet 7.7, Delft Geosystems, 2007, Delft
- [VIII] Rapport grondonderzoek, Van der Straaten, opdracht nummer:08-0673, 16 december 2008, Hansweert

# 1. INLEIDING

## 1.1 Algemeen

In 1997 is het project Zeeweringen gestart als samenwerking tussen Rijkswaterstaat Zeeland en de waterschappen Zeeuwse Eilanden en Zeeuws-Vlaanderen. Reden om het projectbureau Zeeweringen op te richten was het resultaat van onderzoek naar de sterkte van de steenbekledingen op de dijken in Zeeland. Deze bleek niet overal voldoende.

Hiermee werd het doel van het projectbureau het weer op sterkte brengen van de steenbekledingen op de Zeeuwse dijken, maar alleen langs de getijdenwateren. Andere soorten bekleding of andere typen constructies vallen buiten de scope van project Zeeweringen.

Binnen het dijkvak Weevers- en Flauwersinlaag, Heerenkeet en polder Schouwen, uitvoering 2011, ligt Flauwershaven. Dit haventje werd in het verleden gebruikt voor het verschepen van landbouwgoederen naar West-Brabant. Inmiddels is het haventje in onbruik geraakt en liggen er alleen nog enkele kleine recreatie vaartuigen. Echter heeft Flauwershaven een zeer hoge waarde voor wat betreft cultuurhistorie en dient hierdoor zoveel als mogelijk bewaard te blijven.

Om het haventje te kunnen bewaren, en toch een veilige waterkering te kunnen maken dient een bijzondere constructie te worden aangelegd. In overleg tussen het projectbureau Zeeweringen en de provincie Zeeland, verantwoordelijk voor cultuurhistorie, op 10 december 2008 is besloten een damwand aan te brengen als onderdeel van de waterkering rond Flauwershaven. Dit is een ander type constructie dan een steenbekleding. Echter is besloten dit onderdeel toch op te nemen in de verbeteringswerken voor het dijkvak Weevers- en Flauwersinlaag, Heerenkeet en polder Schouwen.

Door te kiezen voor een damwandconstructie blijft de vorm en functie van Flauwershaven behouden. Tevens wordt door het bewerken van het gehele haventerrein een veilige waterkering gecreëerd. Dit rapport behandelt het volledige ontwerp, tot aan besteksniveau, van deze damwandconstructie.

## 1.2 Leeswijzer

Als eerste worden in hoofdstuk 2 de randvoorwaarden en uitgangspunten gegeven. Deze hebben betrekking op de verschillende onderdelen van het ontwerp. Het ontwerp zelf wordt behandeld in hoofdstuk 3. Tot slot volgen in hoofdstuk 4 nog enkele conclusies en aanbevelingen.

## 2. RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Algemeen

De damwandconstructie voor Flaauwershaven zal onderdeel uitmaken van de waterkering en wordt dus ook als zodanig ontworpen. Voor het berekenen wordt gebruik gemaakt van de volgende normen en richtlijnen:

- CUR166 [II]
- NEN6720 [III]
- NEN6740 [IV]
- NEN6770 [V]

Overeenkomstig alle overige ontwerpen die voor project Zeeweringen worden gemaakt geldt ook hier een levensduur van 50 jaar. In het rekenprogramma MSheet 7.7 wordt een verificatie uitgevoerd op basis van CUR166, veiligheidsklasse III, waarmee alle benodigde materiaal- en belastingfactoren in rekening worden gebracht. Onderstaande tabel geeft de partiële factoren die horen bij veiligheidsklasse III.

*Tabel 2.1 Partiele factoren belasting en sterkte*

| Partiële factor                 | Waarde |
|---------------------------------|--------|
| Permanente belasting, ongunstig | 1,00   |
| Variabele belasting, ongunstig  | 1,25   |
| Cohesie                         | 1,10   |
| Hoek van inwendige wrijving     | 1,20   |
| Beddingsconstante               | 1,30   |

*Tabel 2.2 Factoren aanpassen geometrie*

| Factor                              | Waarde |
|-------------------------------------|--------|
| Reductie maaiveld, passieve zijde   | 0,35   |
| Aanpassing water, passieve zijde    | 0,25   |
| Verhoging waterstand, actieve zijde | 0,05   |

Voor de basisvorm van de constructie wordt uitgegaan van een damwand met een eenvoudige verankering uit legankers. Afhankelijk van het niveau van de verankering op de voorwand zal gekozen worden tussen een stalen gording of het integreren van de gording in de betonnen deksloof.

Het afschot van het haventerrein zal in de profielen worden bepaald door de nieuwe situatie aan te sluiten op het bestaande dijksprofiel. Het afschot mag echter niet kleiner zijn dan 1:100.

Het niveau van de bovenkant van de bestaande verticale wandconstructie varieert enigszins. Voor de nieuwe constructie wordt het niveau van de deksloof aangenomen op NAP+2,45m. De lengte van de damwand is in het voorontwerp aangenomen op 8,00m waarmee het teenniveau gelijk zou zijn aan NAP-5,55m. De bodem van de haven wordt aangenomen op NAP-1,00m. Reden hiervoor is dat havenbodem droogvalt bij GLW. Vooralsnog lijkt het niveau van NAP-1,00m conservatief.

Alle berekeningen worden uitgevoerd met een werkende breedte van 1 meter.

## 2.2 Waterstanden en golven

Voor de waterstanden is gebruik gemaakt van de gegevens zoals beschikbaar via [www.waternormalen.nl](http://www.waternormalen.nl). Op deze website is het dichtstbijzijnde meetstation gelegen in Stavenisse. Deze waarden zijn overgenomen voor de locatie Flaauwershaven, behalve voor het Gemiddeld Hoog Water (GHW). In de ontwerprandvoorwaarden voor de steenbekleding op het dijkvak Weevers- en Flaauwersinlaag, Heerenkeet en polder Schouwen is een GHW gegeven van NAP+1,40m. Deze waarde overruled de waarde voor het GHW te Stavenisse. Onderstaande tabel geeft de waterstanden waarmee is gerekend in het ontwerp.

Tabel 2.3 Waterstanden voor ontwerp

| Waterniveau                        | Waterstand [NAP...m] |
|------------------------------------|----------------------|
| Gemiddeld Hoog Water Spring (GHWS) | +1,80                |
| Gemiddeld Hoog Water (GHW)         | +1,40                |
| Gemiddeld Laag Water (GLW)         | -1,39                |
| Gemiddeld Laag Water Spring (GLWS) | -1,42                |

Vanwege de afgeschermdde ligging van de constructie wordt geen golfbelasting in rekening gebracht.

## 2.3 Grondprofiel

Voor het kunnen bepalen van de haalbaarheid van een damwandconstructie is grondonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek bestond uit het maken van 8 landsonderingen en 4 natte sonderingen. Op aangeven van de aannemer zijn alleen de 8 landsonderingen uitgevoerd vanwege de extreme meerkosten voor de 4 natte sonderingen. Aangezien de landsonderingen niet onderling zeer afwijkend zijn, is besloten de kostbare natte sonderingen niet meer uit te voeren.

Uit de sonderingen is een maatgevend profiel bepaald op basis van niveau, dikte en eigenschappen van de verschillende grondlagen. De maatgevende sondering voor dit gebied is nummer 11. Voor het bepalen van de laagindeling is uitgegaan van het zogenaamde wrijvingsgetal van de laag. Omdat geen laboratoriumonderzoek beschikbaar is zijn de grondparameters bepaald op basis van tabel 1 van NEN6740 [IV] uitgaande van de conusweerstand in de betreffende laag. Hiervoor is gebruik gemaakt van het spreadsheet Grondanalyse. De volgende representatieve grondparameters zijn hieruit bepaald.

Tabel 2.4 Representatieve grondparameters voor ontwerp

| Bovenkant laag [NAP...m] | Laagnaam                    | $\gamma_{dr}/\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'$ [°] | $c'$ [kPa] |
|--------------------------|-----------------------------|---|-------------|------------|
| 2,25                     | Zand, schoon, los tot matig | 18/20   | 30          | 0          |
| 1,60                     | Klei, schoon, vast          | 19/19   | 17,5        | 25         |
| -0,30                    | Klei, organisch, matig      | 15/15   | 15          | 0          |
| -1,50                    | Klei, organisch, slap       | 13/13   | 15          | 0          |
| -2,50                    | Zand, schoon, los           | 17/19   | 30          | 0          |
| -3,50                    | Zand, schoon, los tot matig | 17,5/19,5                                       | 30          | 0          |
| -18,80                   | Klei, zwak zandig, vast     | 20/20   | 22,5        | 25         |

## 2.4 Belastingen

Voor het haventerrein wordt een bovenbelasting van 10kN/m<sup>2</sup> aangehouden. Dit is voldoende voor normaal verkeer. Vanwege de functie van de damwand zijn geen bolderkrachten of andere horizontale of verticale krachten in rekening gebracht.

## 2.5 Materialen en corrosie

De te gebruiken materialen zijn staal en beton. Onderstaande tabel geeft de materialen waarvan wordt uitgegaan in het ontwerp.

Tabel 2.5 Te gebruiken materiaalkwaliteiten

| Onderdeel         | Kwaliteit |
|-------------------|-----------|
| Damwanden         | S240      |
| Gording           | S355      |
| Ankerstangen      | S355      |
| Betonnen deksloof | B35       |
| Betonwapening     | FeB500    |

Voor de stalen onderdelen van de damwand moet rekening worden gehouden met corrosie over de levensduur van 50 jaar. Op basis van de ervaring en het ontwerp van soortgelijke constructies worden de in onderstaande tabellen gegeven corrosiesnelheden aangehouden.

Tabel 2.6 Corrosie over levensduur

| Zone                  | Corrosiesnelheid per jaar [mm/zijde] | Corrosie einde levensduur [mm/zijde] |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Grond                 | 0,01                                 | 0,5                                  |
| Permanent onder water | 0,05                                 | 2,5                                  |
| Getijdenzone          | 0,15                                 | 7,5                                  |

Vanwege de niveaus zoals genoemd in paragraaf 2.1 zijn slechts de zones Grond en Getijden hier van toepassing. Voor het gedeelte in de grond treedt dan in totaal  $0,5+0,5 = 1\text{mm}$  corrosie op over de levensduur. In de getijdenzone is dit in totaal  $7,5+0,5 = 8\text{mm}$  en is daarmee maatgevend aangezien in deze zone ook het maximaal optredende moment wordt verwacht.

Vanwege het uitgangspunt dat de constructie ook aan het einde van de levensduur zanddicht moet zijn dient een minimale wanddikte van 3mm aan het einde van de levensduur over te zijn. De te gebruiken damwandplanken dienen dus een minimaal dikte bij aanbrengen te hebben van  $8+3 = 11\text{mm}$ .

Een mogelijkheid om een lichtere wand toe te kunnen passen is het toepassen van een coating. Deze beschermt gedurende ongeveer de eerste 10 jaar van de levensduur de damwandplanken tegen corrosie. De kwaliteit en dekking van de coating na het inbrengen van de damwanden is echter altijd een kritisch punt. Uitgaande van een lineaire verdeling van de corrosie over de levensduur is ca. 1,5mm wanddikte te besparen. Vanwege de kleine afmetingen van de constructie is de verwachting dat de kosten van coaten en dus besparen van staal niet tegen elkaar op zullen wegen. Daarbij is de werking van de coating niet altijd 100% te garanderen.

## 2.6 Fasering

Voor het ontwerp zijn de volgende bouwfases aangehouden:

1. Plaatsen damwand:  
In deze fase wordt de damwand geplaatst. Deze is nu nog vrijstaand en bevindt zich voor de bestaande verticale wand. Wel is een kleine kerende hoogte aanwezig van 1,00m. Deze ontstaat door de bodem van de haven te verlagen tot NAP-1,00m terwijl aan de actieve zijde de bodem op NAP+0,00m ligt. Berekening van deze fase is representatief.
2. Aanbrengen verankering:  
Voor het aanbrengen van de verankering dient in het haventerrein een sleuf te worden gegraven. De bodem van deze sleuf ligt iets onder het niveau van de verankering aan de ankerwand. Tevens wordt in deze fase de verankering zelf aangebracht en de betonsloof gestort. Berekening van deze fase is representatief.
3. Aanvullen haventerrein:  
In deze fase wordt de sleuf ten behoeve van de ankerwand weer aangevuld. Daarna wordt de sleuf tussen de nieuwe en de bestaande wand gevuld en de grond verdicht. Daarna wordt het haventerrein op hoogte gebracht. Berekening van deze fase is representatief.
4. Eindsituatie  
Deze fase is de eindsituatie met het haventerrein op hoogte en een bovenbelasting van 10kN/m<sup>2</sup>. Berekening van deze fase is met rekenwaarde voor veiligheidsklasse III. Met de waterstanden GLWS in de haven en GHWS als grondwaterstand.

## 2.7 Controleberekeningen

Gedurende het ontwerp worden verschillende controles uitgevoerd. Deze zijn gebaseerd op de verschillende normen die van toepassing zijn. In basis betekenen de controles de volgende berekening:

$$\frac{\text{rekenwaarde optredende belasting}}{\text{rekenwaarde opneembare belasting}} < 1$$



### 3. ONTWERP

#### 3.1 Type berekening

De ontwerpberekening is gemaakt met het programma MSheet 7.7 van Delft Geosystems. Binnen dit rekenprogramma is gekozen voor een verificatie op basis van de CUR166 [II]. Vervolgens is het mogelijk een tweetal rekenschema's te kiezen, A en B.

Rekenschema A houdt in dat alle fasen, dus ook de bouwfasen, worden berekend met rekenwaarden voor de belasting en sterkte behorende bij veiligheidsklasse III. Dit levert een extra veilig ontwerp aangezien de bouwfasen representatief mogen worden doorgerekend vanwege hun tijdelijke karakter.

Rekenschema B houdt in dat representatief wordt gerekend, behalve voor die fasen die gecontroleerd moeten worden omdat ze maatgevend zijn. Dit is per definitie de eindsituatie en wellicht nog enkele bouwfasen. De andere fasen worden wel als "geschiedenis" in de berekening meegenomen maar worden dus representatief berekend.

Aangezien op voorhand niet duidelijk is welke fase maatgevend is, is eerst een berekening gemaakt volgens rekenschema A. Hieruit blijkt dat fase 4 Eindsituatie maatgevend is. Hierna is het ontwerp geoptimaliseerd volgens rekenschema B. De fasen 1 tot en met 3 zijn hierin representatief doorgerekend en fase 4 met rekenwaarden behorend bij veiligheidsklasse III.

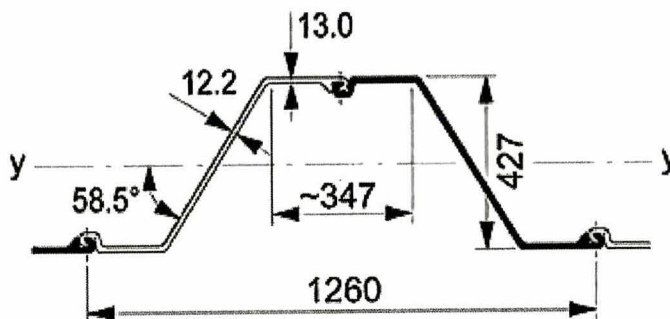
Het berekeningsprogramma MSheet maakt bij de controle op basis van CUR166 berekeningen voor de hieronder genoemde stappen. De stappen 1 tot en met 5 en 7 en 8 hebben betrekking op verzamelen van invoer en het verwerken van de uitvoer.

Tabel 3.1 Gebruikte stappen in verificatie berekening

| Stap | Grenstoestand                   | Beddingconstante | Rekenwaarde GWS lage zijde |
|------|---------------------------------|------------------|----------------------------|
| 6.1  | UGT                             | Laag             | Hoge grondwaterstand       |
| 6.2  | UGT                             | Hoog             | Hoge grondwaterstand       |
| 6.3  | UGT                             | Laag             | Lage grondwaterstand       |
| 6.4  | UGT                             | Hoog             | Lage grondwaterstand       |
| 6.5  | BGT                             | Laag             | -                          |
| 9.1  | Maatgevend over eerdere stappen |                  |                            |

#### 3.2 Damwand

In het voorontwerp is voor de damwand een profiel AZ18 aangehouden. Uitgaande van het optredende moment is dat inderdaad voldoende. Deze damwand heeft echter een wanddikte van 9,5mm en mag dus, zie paragraaf 2.5, niet worden toegepast. De eerst volgende gangbare damwandplank is van het type AZ26 met staalkwaliteit S240. Deze plank heeft een minimale dikte van 12,2mm bij aanbrengen en dus  $12,2 - 8 = 4,2$ mm aan het einde van de levensduur. Onderstaande figuur toont een doorsnede van deze plank.



Figuur 3.1 Doorsnede AZ26

De eigenschappen van de damwand worden overgenomen uit de bibliotheek van het rekenprogramma. Vervolgens wordt een reductiefactor op de sterkte en de stijfheid ingevoerd. Met deze reductiefactor wordt het effect van de corrosie over de levensduur in rekening gebracht. Deze reductiefactor wordt als volgt berekend op basis van de dikte in de flens:

$$\text{Reductiefactor} = \frac{t_{AZ26} - \text{corrosie}}{t_{AZ26}} = \frac{13 - 8}{13} = 0,38$$

Na het verreken van de reductiefactor komen de eigenschappen voor de damwandberekening uit op de waarden in onderstaande tabel.

Tabel 3.2 Damwandeigenschappen voor ontwerp

| Eigenschap                                 | Waarde                      |
|--|-----------------------------|
| Kop damwand                                | NAP+2,45m                   |
| Teen damwand                               | NAP-5,55m                   |
| $EI^1_{\text{na corrosie}}$                | 4,43E+4 kNm <sup>2</sup> /m |
| $W^1_{\text{na corrosie}}$                 | 988 cm <sup>3</sup> /m      |
| Opneembaar moment na corrosie <sup>1</sup> | 237 kNm/m                   |

1. Deze waarden zijn per strekkende meter damwand in verband met de opgegeven werkende breedte in MSheet

De lengte van de damwand is berekend door de damwand AZ26 in te voeren met een verankering en ankerscherm. Voor alle vier de fasen is de minimaal benodigde damwandlengte berekend met MSheet 7.7. Onderstaande tabel geeft hiervan de resultaten.

Tabel 3.3 Resultaat Design Sheet pile length

| Fase            |                | Lengte [m] | Gemobiliseerde weerstand [%] |
|-----------------|----------------|------------|------------------------------|
| 1. Damwand      | Representatief | 8,00       | 47                           |
| 2. Verankeren   | Representatief | 8,00       | 47                           |
| 3. Aanvullen    | Representatief | 8,00       | 49                           |
| 4. Eindsituatie | Klasse III     | 7,40       | 97                           |

Uiteindelijk is gekozen een damwand met een lengte van 8,00m toe te passen welke in fase 4 een gemobiliseerde weerstand van 75% heeft.

Om te controleren welke fase maatgevend is, is eerst een berekening gemaakt volgens rekenschema A, zie paragraaf 3.1. Hieruit is gebleken dat fase 4 maatgevend is voor alle resultaten, te weten de verplaatsing, optredend moment, dwarskracht en ankerkracht.

Hierna is ter optimalisatie de definitieve berekening gemaakt volgens rekenschema B. Het maximaal optredende moment is daarin gelijk aan 193 kNm/m en treedt op in stap 6.1. Over de stappen vindt u meer informatie in tabel 3.8 van CUR166 deel 1. Het maximaal optredende moment is een rekenwaarde en dient dus getoetst te worden aan het maximaal opneembare moment van de damwand.

$$\frac{M_{\text{max;d}}}{M_d} = \frac{193}{237} = 0,81 < 1$$

**voldoet**

Zie voor de uitvoer van de berekeningen bijlage [C].

### 3.3 Stabiliteit en Kranz

In de ontwerpberekening van de damwand is ook voor elke fase de overall stabiliteit berekend. Uit de berekening volgens rekenschema A is gebleken dat fase 4 maatgevend is voor de stabiliteit. De minimale veiligheidsfactor op het punt overall stabiliteit voor deze constructie bedraagt 1,20. Aangezien met rekenwaarden wordt getoetst in fase 4 moet deze veiligheidsfactor groter zijn dan 1. **voldoet**

### 3.4 Verankeringsysteem

Vanwege de kleine kerende hoogte voor de damwand is uitgegaan van een systeem met legankers en een ankerwand. Dit systeem is gemakkelijk aan te brengen en vereist geen complexe uitvoeringmethoden.

#### 3.4.1 Ankerstangen

Belangrijk bij het ontwerp van dit type anker is dat de actieve grondwig van de hoofdwand en de passieve wig van de ankerwand elkaar niet snijden. Door deze eis is de lengte van de verankering vastgesteld op 10m. Doordat de hoofdwand relatief veel reserve heeft is het niveau van de verankering aan de voorwand geoptimaliseerd op NAP+2,25m. De ankerstang loopt vervolgens onder een hoek van ca. 7° naar het ankerscherm waar deze vervolgens symmetrisch aangrijpt op NAP+1,10m. Het ankerscherm heeft een hoogte van 1,50m.

Tabel 3.4 Eigenschappen ankerstang

| Eigenschap                   | Waarde               | Waarde per werkende breedte |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Hart op hart-afstand         | 6 planken = 3,78m    | -                           |
| Staalkwaliteit               | S355                 | -                           |
| Diameter                     | 2"                   | -                           |
| Diameter                     | 38 mm                | -                           |
| Oppervlakte A                | 1130 mm <sup>2</sup> | 299 mm <sup>2</sup> /m      |
| Vloeikracht F <sub>max</sub> | 401 kN               | 106 kN/m                    |

Onderstaand wordt de controle uitgevoerd voor de ankerstangen. Hierin wordt een extra belastingfactor van 1,1 ingebracht conform stap 9, CUR166 [II].

$$\frac{F_{\max;d}}{F_d} = \frac{1,25 \times 75}{106} = 0,88 < 1 \quad \text{voldoet}$$

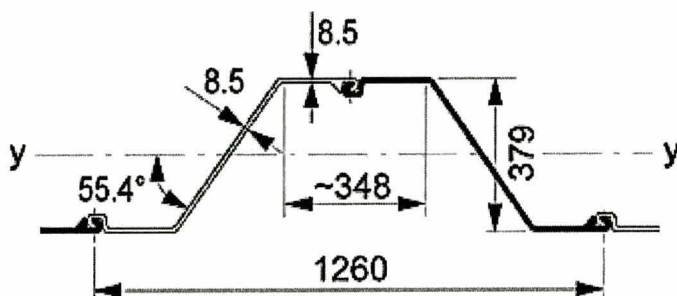
Het stappenplan uit CUR166 schrijft voor dat gerekend moet worden met ankeruitval. Wanneer een anker bezwijkt dienen de omliggende ankers de kracht te kunnen herverdelen. Hierdoor wordt het optreden van doorgaand falen, progressive failure, ondervangen. Omdat ankeruitval alleen in een uitzonderlijke situatie voorkomt mag worden gerekend met partiële factoren gelijk aan 1 en toeslagen gelijk aan 0. Kortom mag de situatie van ankeruitval worden gecontroleerd met de resultaten van representatieve berekening.

$$\frac{1,5 F_{\max;rep}}{F_d} = \frac{1,5 \times 1,25 \times 39}{106} = 0,69 < 1 \quad \text{voldoet}$$

Zie voor de uitvoer van de berekeningen bijlage [C].

### 3.4.2 Ankerwand

Voor het ontwerp van de ankerwand is uitgegaan van een type plank AZ17, staalkwaliteit S240. Onderstaande figuur toont dit type plank.



Figuur 3.2 Plank AZ17

De dikte van de ankerwand bedraagt slechts 8,5mm. Dit is echter voldoende omdat de ankerwand alleen in de grond zit en dus slechts 1mm corrosie zal hebben. De reductiefactor op de sterkte van de ankerwand bedraagt hier dus  $7,5/8,5 = 0,88$ .

Voor de controle van de ankerwand wordt een berekening gemaakt van het evenwicht van de damwand in de BGT en de UGT en wordt de spanning in de damwand gecontroleerd. Bij het controleren van het evenwicht is de terreinbelasting alleen op de actieve grondwijd van de ankerwand gezet. Omdat voor het aanleggen van de verankering een sleuf is gegraven, wordt boven het ankerniveau en rondom de ankerwand uitgegaan van verdicht aanvulzand. De reserve bedraagt, na het verrekenen van de reductiefactor  $0,88 \times 0,96 = 0,84$  [D].

Ondanks de grote reserve op de sterkte is toch gekozen voor een doorgaande ankerwand met damwandplanken type AZ17. Redenen hiervoor zijn de volgende:

- Plankbreedte is gelijk aan die van AZ26 in de hoofdwand. Hierdoor kunnen de ankers evenwijdig aan elkaar worden gelegd. Wanneer een lichtere plank wordt gekozen verandert ook de breedte en komen de ankers schuin te liggen. In de bevestiging op zowel de ankerwand als in de deksloof gaan dan extra, en ongunstige, krachten optreden.
- Het verschil met de lichtste plank die kan worden toegepast is  $10 \text{ kg/m}^2$ . Over de lengte van ca. 100m en een hoogte van 1,50m kan dat een besparing opleveren van ca. 3,8ton op het totaal van ca. 140ton. De verwachting is dat deze besparing niet op zal wegen tegen de extra kosten voor de uitvoering.
- Bij het toepassen van ankerschotten, dus met tussenruimte in de ankerwand, kunnen twee planken per anker bespaard worden. Echter dient in de uitvoering voor elk ankerschot opnieuw de locatie te worden ingemeten waar het ankerschot moet komen. Bij een doorgaande wand kan deze ook doorgaand worden aangebracht.

Zie voor de uitvoer van de berekeningen bijlage [D].

**voldoet**

### 3.4.3 Gording op ankerwand

De gording is ontworpen als onderdeel van de ankerwand. Uit die berekening blijkt dat een dubbel UNP220 profiel moet worden toegepast van staalkwaliteit S355. Een gording uit deze profielen heeft een reserve op de vloeispanning van 8%. Oorzaak voor dit relatief zware profiel als gording is de eveneens relatief grote hart op hart-afstand van de ankers. Het lichter uitvoeren van de ankers is niet praktisch omdat al het lichtste type

anker is gebruikt. Op deze manier is geoptimaliseerd in een zwaarder gording profiel tegenover een kleiner aantal benodigde ankers.

Zie voor de uitvoer van de berekeningen bijlage [D].

**voldoet**

Om de gording in de uitvoering op te kunnen leggen en in de gebruikssituatie te kunnen ondersteunen worden consoles aangebracht. Deze bestaan uit profielen UNP100 met een lengte van 500mm. De lasverbinding bestaat uit twee lassen van 150mm lengte en een keeldoorsnede  $a=5\text{mm}$ .

Zie voor de uitvoer van de berekeningen bijlage [D].

**voldoet**

### 3.5 Betonsloof

Vanwege het hoge aangrijpingspunt van het anker is gekozen de betonnen deksloof direct als gording te gebruiken voor de hoofdwand. Het hoog aangrijpen van het anker heeft enkele voordelen, namelijk:

- Betere benutting capaciteit damwand;
- Uitsparen stalen gordingprofielen op hoofdwand;
- Minimale sloopwerkzaamheden aan bestaande betonnen wand.

De basisafmetingen voor het berekenen van de deksloof zijn aangenomen op  $b \times h = 600 \times 350\text{mm}$ . De breedte van 600mm is ingegeven door de hoogte van de damwandplanken AZ26 die gelijk is aan 427mm. Door deze gekozen breedte heeft de deksloof bijna 90mm overstek aan beide zijden om afwijkingen als gevolg van het aanbrengen op te kunnen vangen.

Voor de berekening van de wapening in de betonnen deksloof wordt gebruik gemaakt van de eenvoudige wapeningsberekening uit de GTB1990, tabel 11.2.a en 14.5.b. De uitvoer van de berekening is bijgevoegd in bijlage [E]. De invoer wordt onderstaand gegeven.

#### Moment- en dwarskrachtwapening

Voor de berekening van de momentwapening dient zowel een  $M_{\text{rep}}$  als een  $M_d$  te worden ingevoerd. Deze worden afgeleid uit de ankerkracht per strekkende meter en een aanvullende belastingfactor van 1,1 conform stap 9.1 uit CUR166.

$$\begin{aligned}M_{\text{rep}} &= 0,10 \times q_d \times l^2 \\ &= 0,10 \times (1,1 \times 39) \times 3,78^2 \\ &= 0,10 \times 42,9 \times 14,3 \\ &= 61,3 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{d;\text{UGT}} &= 0,10 \times q_d \times l^2 \\ &= 0,10 \times (1,1 \times 75) \times 3,78^2 \\ &= 0,10 \times 82,5 \times 14,3 \\ &= 117,9 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{d;\text{uitval}} &= 0,10 \times q_d \times l^2 \\ &= 0,10 \times (1,1 \times 39) \times (2 \times 3,78)^2 \\ &= 0,10 \times 42,9 \times 57,2 \\ &= 245,2 \text{ kNm}\end{aligned}$$

De berekening van de dwarskrachtwapening wordt uitgevoerd op basis van de rekenwaarde van de dwarskracht. Deze rekenwaarde is het maximum van de dwarskracht uit de normale UGT en de BGT met ankeruitval en is gelijk aan  $V_d = 158$  kN.

$$V_d = 0,5 \times q_d \times l$$

$$V_{d;UGT} = 0,5 \times (1,1 \times 75) \times 3,78 = 156 \text{ kN}$$

$$V_{d;uitval} = 0,5 \times (1,1 \times 38) \times (2 \times 3,78) = 158 \text{ kN}$$

De benodigde wapening is gegeven in onderstaande tabel. Alle wapening is in staalkwaliteit FeB550. Voor de betondekking is 40mm aangehouden.

Tabel 3.5 Te controleren wapening

| Ligging              | Wapening |
|----------------------|----------|
| Waterzijde           | 5 Ø 20   |
| Landzijde            | 5 Ø 20   |
| Boven- en onderzijde | 2 Ø 10   |
| Beugels              | Ø 12-290 |

Uit de controle berekening volgt dat de wapening

**voldoet**

#### Controle slijtwapening

Om de ankerkracht in de deksloof in te kunnen leiden dient gecontroleerd te worden of de deksloof deze kracht op kan nemen. In de NEN6720 [III] is dit omschreven als slijtwapening. Als geldt  $\sigma'_b < 0,7f'_b$  is geen slijtwapening nodig. Onderstaand wordt bepaald hoe groot de ankerplaat moet zijn om aan deze eis te voldoen.

$$F_d = \max [F_{d;ugt}; F_{d;uitval}] = 312 \text{ kN}$$

$$F_{d;ugt} = 1,1 \times 75 \times 3,78 = 312 \text{ kN}$$

$$F_{d;uitval} = 1,5 \times 1,1 \times 38 \times 3,78 = 231 \text{ kN}$$

$$A_{\text{plaat;netto}} > \frac{F_d}{0,7 \times f'_b} = \frac{312000}{0,7 \times 21} = 21225 \text{ mm}^2$$

Dit is de netto oppervlakte die nodig is om de kracht over te brengen in het beton. Hierbij die nog de oppervlakte van de doorsnede van het anker, Ø50mm, te worden opgeteld om de benodigde diameter van de plaat te kunnen berekenen.

$$D_{\text{plaat}} = \sqrt{\frac{4 \times (21225 + (0,25 \times \pi \times 50^2))}{\pi}} = 172 \text{ mm}$$

De diameter van de plaat wordt afgerond op  $D=175$ mm. Door deze plaat per anker toe te passen is het niet nodig slijtwapening toe te passen.

Uit de controle voor de slijtwapening volgt dat de constructie

**voldoet**

#### Controle pons

Omdat een geconcentreerde last op de betonsloof moet worden overgebracht dient deze te worden gecontroleerd op pons. Echter door de kleine afmetingen van de deksloof kan pons niet als mechanisme optreden. Wel kan een deel van de deksloof eruit worden getrokken. Om dit te voorkomen wordt, indien nodig, extra wapening aangebracht.

Om de benodigde hoeveelheid wapening te bepalen wordt een controle op dwarskracht uitgevoerd maar slechts over de halve hoogte van de deksloof, dus 225mm. De opneembare schuifkracht aan een enkele zijde van de ankerplaat bedraagt:

$$V_1 = \tau_1 \times bd = 1,12 \times 350 \times 300 = 117,6 \text{ kN}$$

$$F_{d,zijde} = 0,5 \times 312 = 156 \text{ kN}$$

$$V_{\text{staal}} = 156 - 117,6 = 38,4 \text{ kN}$$

De dwarskracht  $V_{\text{staal}} = 38,4 \text{ kN}$  dient te worden opgenomen door beugels aan een enkele zijde van het anker. De bijbehorende staaldoorsnede is

$$A_{sv} = \frac{V_d - V_1}{z \times f_s} = \frac{156 - 117,6}{0,9 \times (300 - 40) \times 435} = \frac{38,4}{101790} = 377 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Deze staaldoorsnede wordt verkregen door het volledig meerekenen van de beugels. Deze tellen dubbel omdat de beugels aan beide zijden van de balk aanwezig zijn. Om te voldoen aan  $A_{sv}$  dienen beugels  $\text{Ø}12\text{-}200$  te worden toegepast. Het totale staaloppervlak komt hiermee op  $1130 \text{ mm}^2/\text{m}$ . Deze ruime dimensionering wordt toegepast om ervoor te zorgen dat minimaal twee beugels het scheurpatroon snijden.

Uit de controle voor pons volgt dat de constructie

**voldoet**

### **Stekeinden**

Het moment dat wordt opgewekt door de excentriciteit van het anker ten opzichte van de kop van de damwand dient met stekeinden overgebracht te worden naar de damwand. De handberekening hiervoor is opgenomen in bijlage [E]. Per plank worden 2 staven  $\text{Ø}10$  aangebracht met een lengte van 300mm. Hiervan dient 50mm voor het vastlassen van de stekken op de damwand.

Uit de controle voor de stekeinden volgt dat de constructie

**voldoet**

## 4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1 Conclusies

In het voorgaande hoofdstuk is het besteksontwerp voor de gehele damwandconstructie uitgewerkt. De onderstaande tabellen geven hiervan een samenvattend overzicht.

*Tabel 4.1 Eigenschappen hoofdwand*

| Eigenschap     | Waarde    |
|----------------|-----------|
| Staalkwaliteit | S240      |
| Type plank     | AZ26      |
| Kop hoofdwand  | NAP+2,20m |
| Teen hoofdwand | NAP-5,55m |

*Tabel 4.2 Eigenschappen betonsloof*

| Eigenschap                    | Waarde                    |
|-------------------------------|---------------------------|
| Betonkwaliteit                | B35                       |
| Kop deksloof                  | NAP+2,45m                 |
| Afmetingen b x h              | 600 x 350 mm <sup>2</sup> |
| Staalkwaliteit wapening       | FeB500                    |
| Hoofdwapening                 | 5 Ø 20 per zijde          |
| Flankwapening, boven en onder | 2 Ø 10                    |
| Beugels, standaard            | Ø12 - 290                 |
| Beugels bij anker             | Ø12 - 200                 |
| Stekeinden                    | 2 Ø 10                    |

*Tabel 4.3 Eigenschappen ankerwand*

| Eigenschap               | Waarde     |
|--------------------------|------------|
| Staalkwaliteit ankerwand | S240       |
| Type plank               | AZ12       |
| Kop ankerwand            | NAP+1,85m  |
| Teen ankerwand           | NAP+0,35m  |
| Staalkwaliteit gording   | S355       |
| Type profiel gording     | 2 x UNP220 |

*Tabel 4.4 Eigenschappen ankerstangen*

| Eigenschap           | Waarde  |
|----------------------|---------|
| Staalkwaliteit       | S355    |
| Type anker           | Ø 2"    |
| Lengte               | Ca. 10m |
| Hoek met horizontaal | Ca. 7°  |
| Hart-op-hart afstand | 3,78m   |

### 4.2 Aanbevelingen

Het kan voorkomen dat de aannemer op het moment van uitvoering een ander type damwand plank beschikbaar heeft. Of een ander type damwandplank relatief goedkoop kan verkrijgen. Het toepassen van een ander type plank is mogelijk wanneer deze maar minimaal voldoet aan een minimaal opneembare moment van 165kNm/m zoals berekend in bijlage [C]. Ook moet voldaan worden aan de minimaal vereiste wanddikte aan het einde van de levensduur van 3mm. Voor het bepalen van dit opneembaar moment dient te worden gerekend met de reductiefactor voor het toe te passen type damwandplank.



Wanneer een U-plank gebruikt zal worden dient tevens een reductie te worden toegepast vanwege het mechanisme 'scheve buiging', te bepalen volgens CUR166, deel 2, paragraaf 3.3.2.

De kerende hoogte van de constructie is niet bijzonder groot. Hierdoor zou de constructie minimale afmetingen kunnen hebben wat echter de uitvoering lastig maakt. Het eventueel toepassen van minder ankers met een grotere h.o.h.-afstand zou nog een mogelijkheid zijn om kosten te besparen. De nu gekozen h.o.h.-afstand is echter al aan de grote kant. Advies is dan ook een vergroting van de h.o.h.-afstand niet te accepteren.

De aansluitingen van de nieuw te plaatsen damwand op de bestaande golfbrekers dient in het werk bepaald te worden. De aannemer maakt hiervoor een voorstel dat ter goedkeuring wordt ingediend bij de directievoerder. Achtergrond hierachter is de exacte uitvoering van een dergelijk aansluiting afhankelijk is van hoe de damwand uiteindelijk is aangebracht. Door het inbrengen zal de damwand namelijk niet in een perfecte lijn staan. Hiervoor dient vervolgens op het werk een oplossing voor te worden ontwikkeld.

Een eventuele wijziging in de fasering kan worden toegestaan als door de aannemer is aangetoond dat de voor dit ontwerp berekende optredende rekenwaarden voor de krachten niet worden overschreden. De stabiliteit van de sleuf die nodig is voor het aanbrengen van de ankerwand dient door de aannemer getoetst te worden. De uitvoering zoals op tekening verwerkt voor de meest krappe doorsnede is toegestaan. De controle dient te worden uitgevoerd op basis NEN-EN1610, maart 1998.

Om te voorkomen dat het haventerrein ter plaatse van de ankerwand gaat eroderen onder maatgevende omstandigheden dient het haventerrein met asfalt bekleed te worden. Dit onderdeel dient meegenomen te worden in de situatietekening behoren bij het bestek van de steenbekleding. Tevens dient op deze situatietekening de aansluiting te worden gemaakt tussen de asfaltbekleding van het haventerrein en eventueel betonzuilen tussen het haventerrein en het niveau van Ontwerppeil+1/2 H<sub>s</sub>.

# BIJLAGEN

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMMAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A

# BIJLAGE A

## WATERSTANDGEGEVENS STAVENISSE

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMWAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A

**Stavenisse****(Oosterschel Slotgemiddelden 1991.0****Algemene gegevens**

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 1871        | Aanvang waarnemingen    |
| 6 nov 1956  | Peilschrijver geplaatst |
| 13 nov 1986 | DNM geplaatst           |

**Gemiddelde waterstanden**

| type tij        | HW-stand<br>cm<br>+ NAP | LW-stand<br>cm<br>+ NAP | tijverschil<br>cm |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| gemiddeld tij   | <b>158</b>              | <b>-139</b>             | <b>297</b>        |
| springtij       | <b>180</b>              | <b>-142</b>             | <b>322</b>        |
| doodtij         | <b>130</b>              | <b>-126</b>             | <b>256</b>        |
| gem. waterstand |                         | <b>3</b>                |                   |

**Gemiddelde havengetallen  
waarden maansverloop**

| type tij cq grootheid | HW-tijd<br>u:min | tijd<br>u:min | LW-tijd<br>u:min |
|-----------------------|------------------|---------------|------------------|
| gemiddeld tij         | <b>2:34</b>      |               | <b>8:31</b>      |
| springtij             | <b>2:44</b>      |               | <b>8:34</b>      |
| doodtij               | <b>2:17</b>      |               | <b>8:27</b>      |
| duur rijzing          |                  | <b>6:28</b>   |                  |
| duur daling           |                  | <b>5:57</b>   |                  |

**Gemiddelde over- en onderschrijdings frequentie per jaar**

| overschrijding hoogwaterstanden |                         | onderschrijding laagwaterstanden |                         |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| frequentie                      | stand<br>in cm<br>+ NAP | frequentie                       | stand<br>in cm<br>+ NAP |
| 1x per 2 jaar (grenspeil)       | <b>310</b>              | 1x per 10 jaar                   | <b>-250</b>             |
|                                 |                         | 1 x per jaar                     | <b>-220</b>             |
|                                 |                         | LLWS 1992.0                      | <b>-169</b>             |

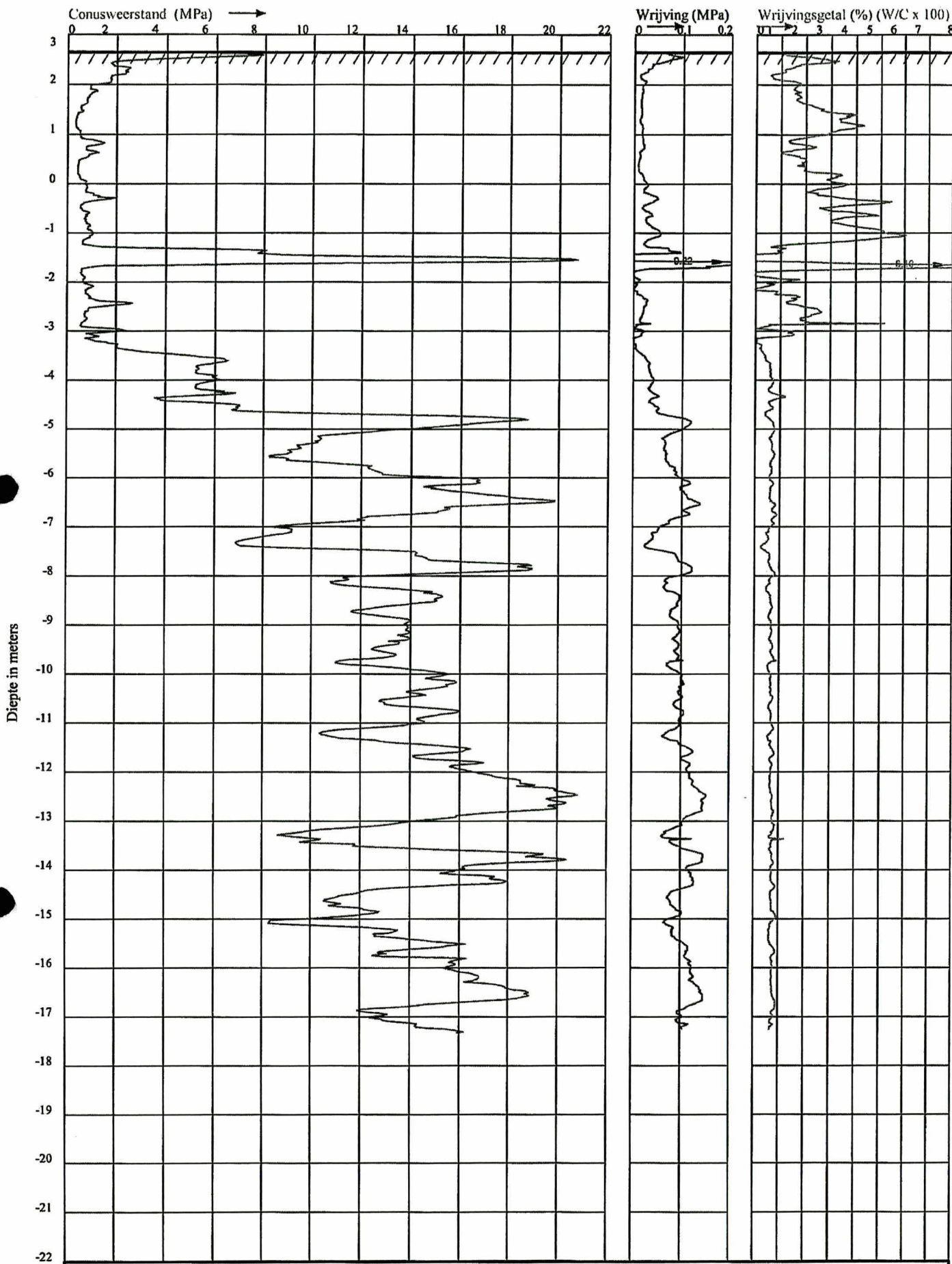
**Bijzonderheden:**


| Datum         | stand<br>cm<br>+ NAP | kenmerkende waarden                                  |
|---------------|----------------------|--|
| 14 dec 1973   | <b>391</b>           | hoogst bekende waarde                                |
| 22 jan 1984   | <b>-295</b>          | laagst bekende waarde                                |
| 19 jan 1972   | <b>493</b>           | maximale rijzing                                     |
| 4 jan 1976    | <b>473</b>           | maximale daling                                      |
| medio 1984    |                      | Drempel van de in aanbouw zijnde Oosterscheldekering |
| 4 okt 1986    |                      | Oosterscheldekering operationeel                     |
| 20 okt 1986   |                      | Oesterdam voltooid                                   |
| 17 april 1987 |                      | Philipsdam gesloten                                  |

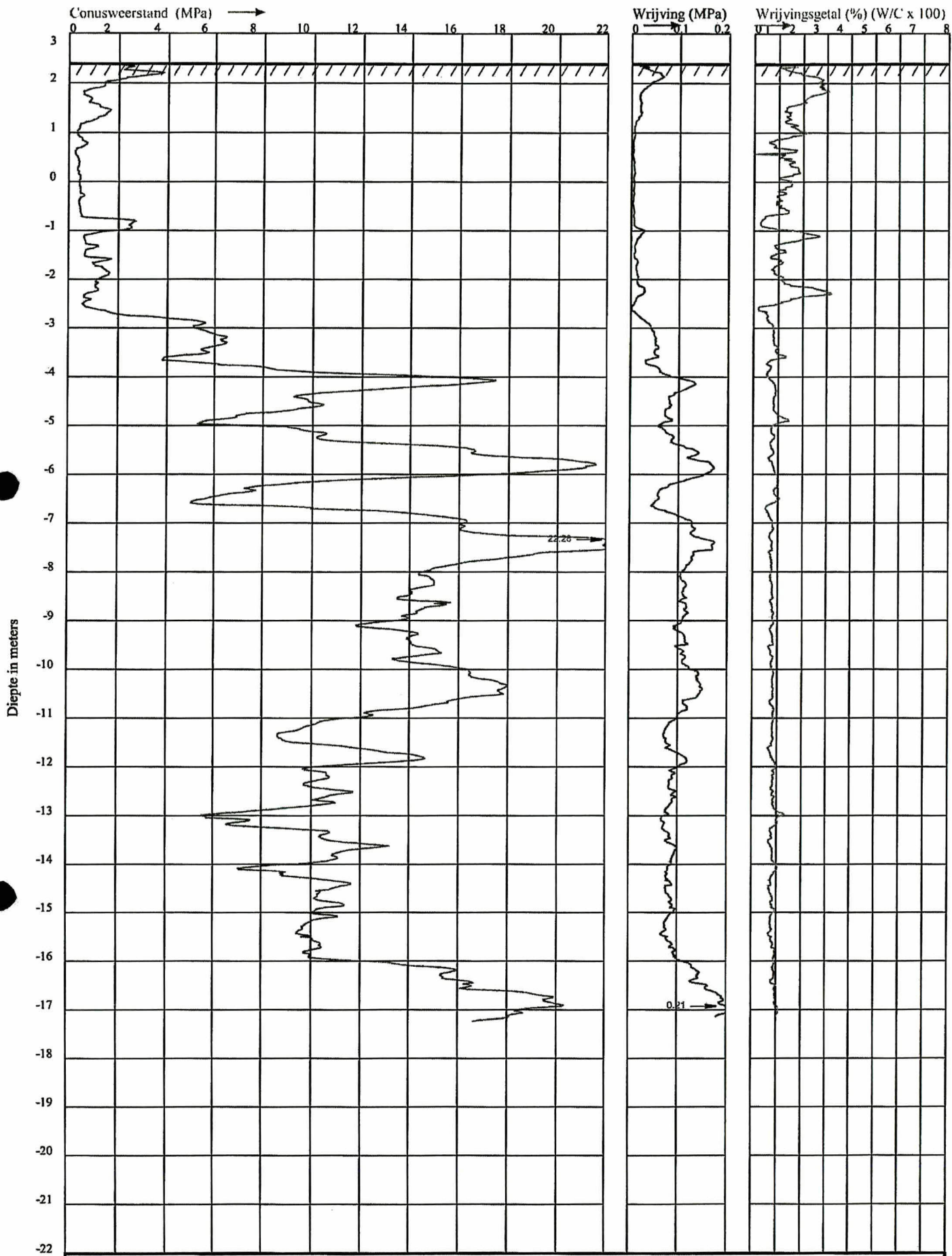
# BIJLAGE B

BESCHIKBARE SONDERING

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMWAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A



|   |  |   |                      |                               |
|---|--|---|----------------------|-------------------------------|
| <b>VAN DER STRAATEN</b>                     |  | Postbus 5   | Telefoon 0113-382510 | E-mail : info@vd-straaten.nl  |
| AANNEMINGSMATSCHAPIJ B.V.                   |  | 4417 ZG Hansweert   | Telefax 0113-383404  | Internet : www.vd-straaten.nl |
| PLAATS : KERKWERVE                          | HOOGTE MAAVELD : 2.67 m1 T.O.V. N.A.P. | CONUS TYPE : SUB-10   |                      |                               |
| LOCATIE : BOOGERDWEG                        | GRONDWATERSTAND : m1- MAAVELD          | CONUS NR. : 021105  |                      |                               |
| OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN | DATUM : 16-12-2008                     | SONDERING VOLGENS NEN5140   |                      |                               |
| WERKNUMMER : 080673                         | TIJD : 13:56                           | KLASSE 2  |                      |                               |
| SONDERING NR. : 1                           |  |  |                      |                               |



**VAN DER STRAATEN**  
AANNEMINGSMACHTSCHAPIO B.V.

Postbus 5  
4417 ZG Hansweert

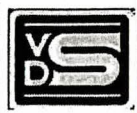
Telefoon 0113-382510  
Telefax 0113-383404

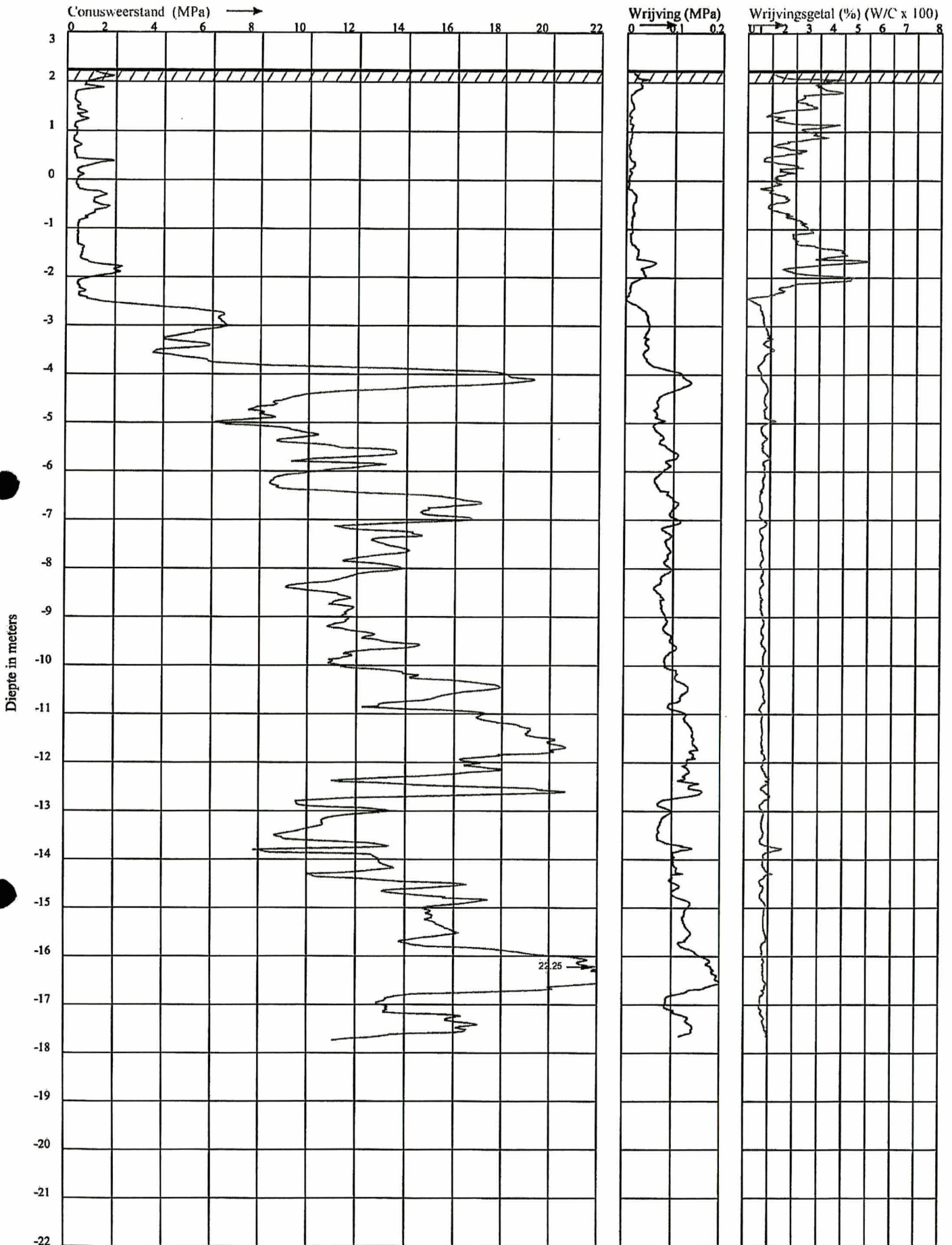
E-mail : info@vd-straaten.nl  
Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE  
LOCATIE : BOOGERDWEG  
OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN  
WERKNUMMER : 080673  
SONDERING NR. : 2

HOOGTE MAAIVELD : 2.41 m T.O.V. N.A.P.  
GRONDWATERSTAND : m1-MAAIVELD  
DATUM : 15-12-2008  
TIJD : 11:28

CONUS TYPE : SUB-15  
CONUS NR. : 080403  
SONDERING VOLGENS NEN5140  
KLASSE 2





**VAN DER STRAATEN**

AANNEMINGSMAATSCHAPJI B.V.

Postbus 5

4417 ZG Hansweert

Telefoon 0113-382510

Telefax 0113-383404

E-mail : info@vd-straaten.nl

Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE

LOCATIE : BOOGERDWEG

OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN

WERKNUMMER : 080673

SONDERING NR. : 4

HOOGTE MAAIVELD : 2.26 ml T.O.V. N.A.P.

GRONDWATERSTAND : 0.50 ml-MAAIVELD

DATUM : 16-12-2008

TUD : 11:01

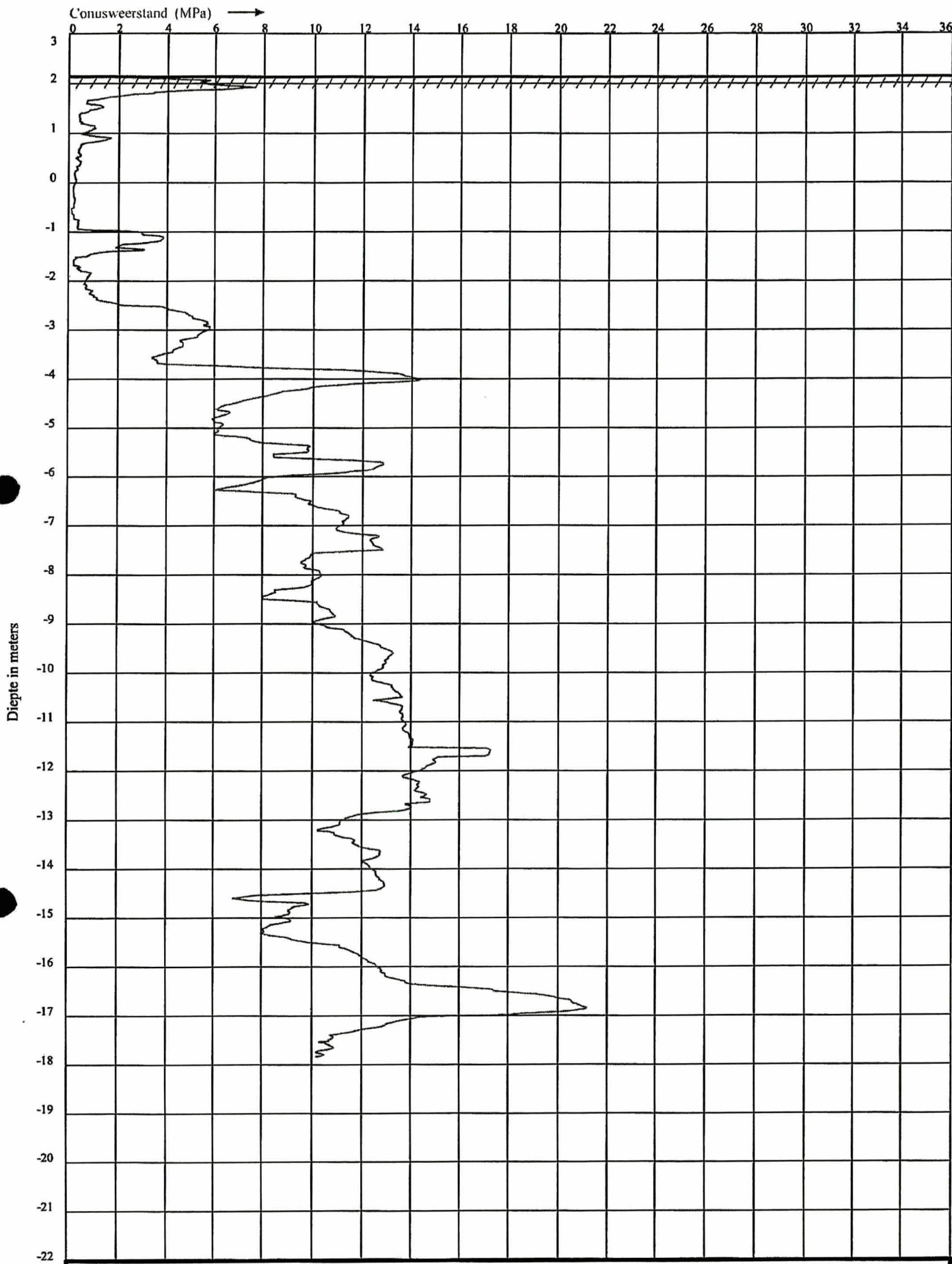
CONUS TYPE : SUB-10

CONUS NR. : 021105

SONDERING VOLGENS NEN5140  
KLASSE 2







**VAN DER STRAATEN**  
AANNEMINGSMACHTSCHAAP B.V.

Postbus 5  
4417 ZG Hansweert

Telefoon 0113-382510  
Telefax 0113-383404

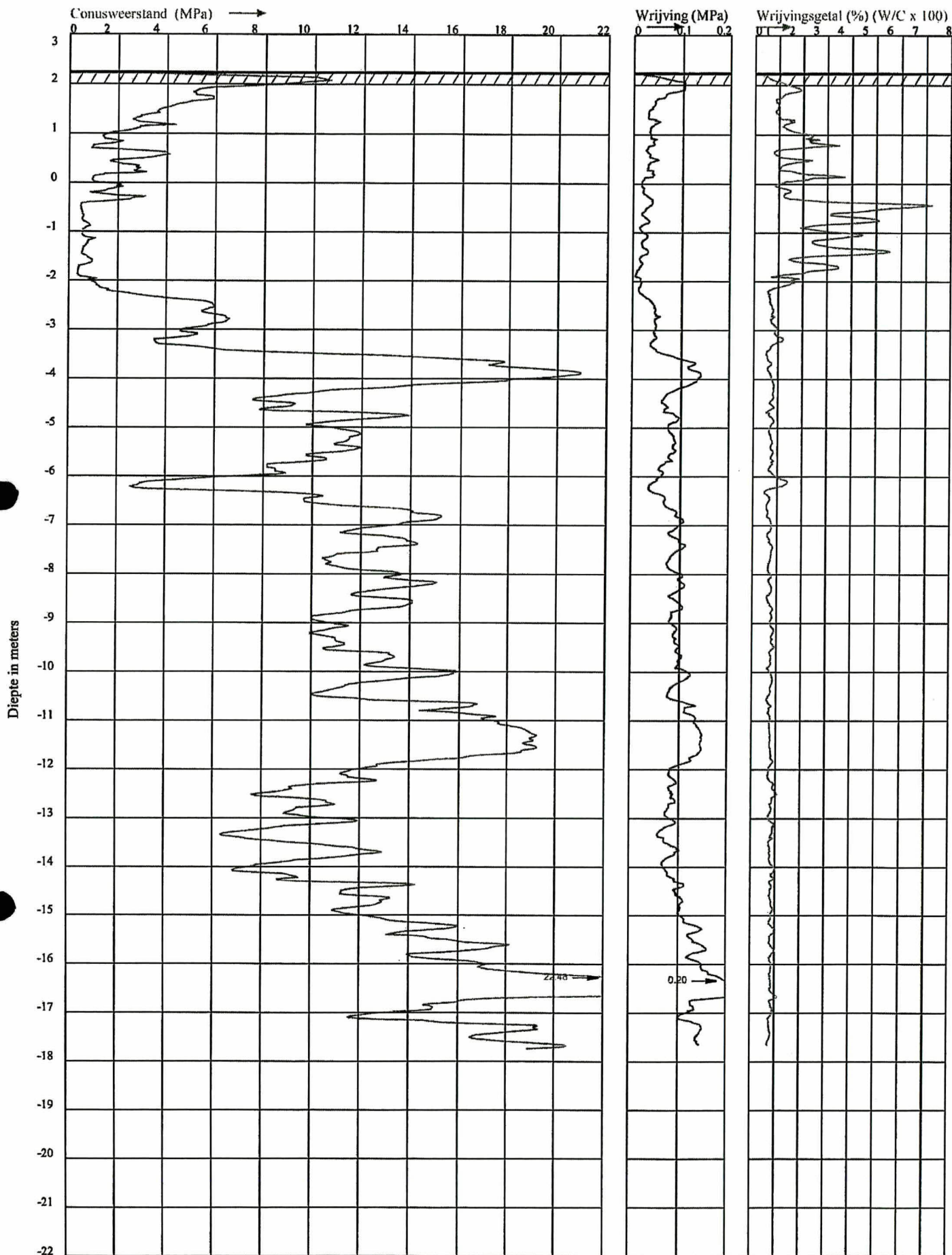
E-mail : info@vd-straaten.nl  
Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE  
LOCATIE : BOOGERDWEG  
OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN  
WERKNUMMER : 080673  
SONDERING NR. : 5

HOOGTE MAAIVELD : 2.16 m t.o.v. N.A.P.  
GRONDWATERSTAND : m1 - MAAIVELD  
DATUM : 16-12-2008  
TIJD : 7:56

CONUS TYPE : MeetCTF  
CONUS NR. : 960104 M  
SONDERING VOLGENS : NEN3680





**VAN DER STRAATEN**  
AANNEMINGSMACHTSCHAPIJ B.V.

Postbus 5  
4417 ZG Hansweert

Telefoon 0113-382510  
Telefax 0113-383404

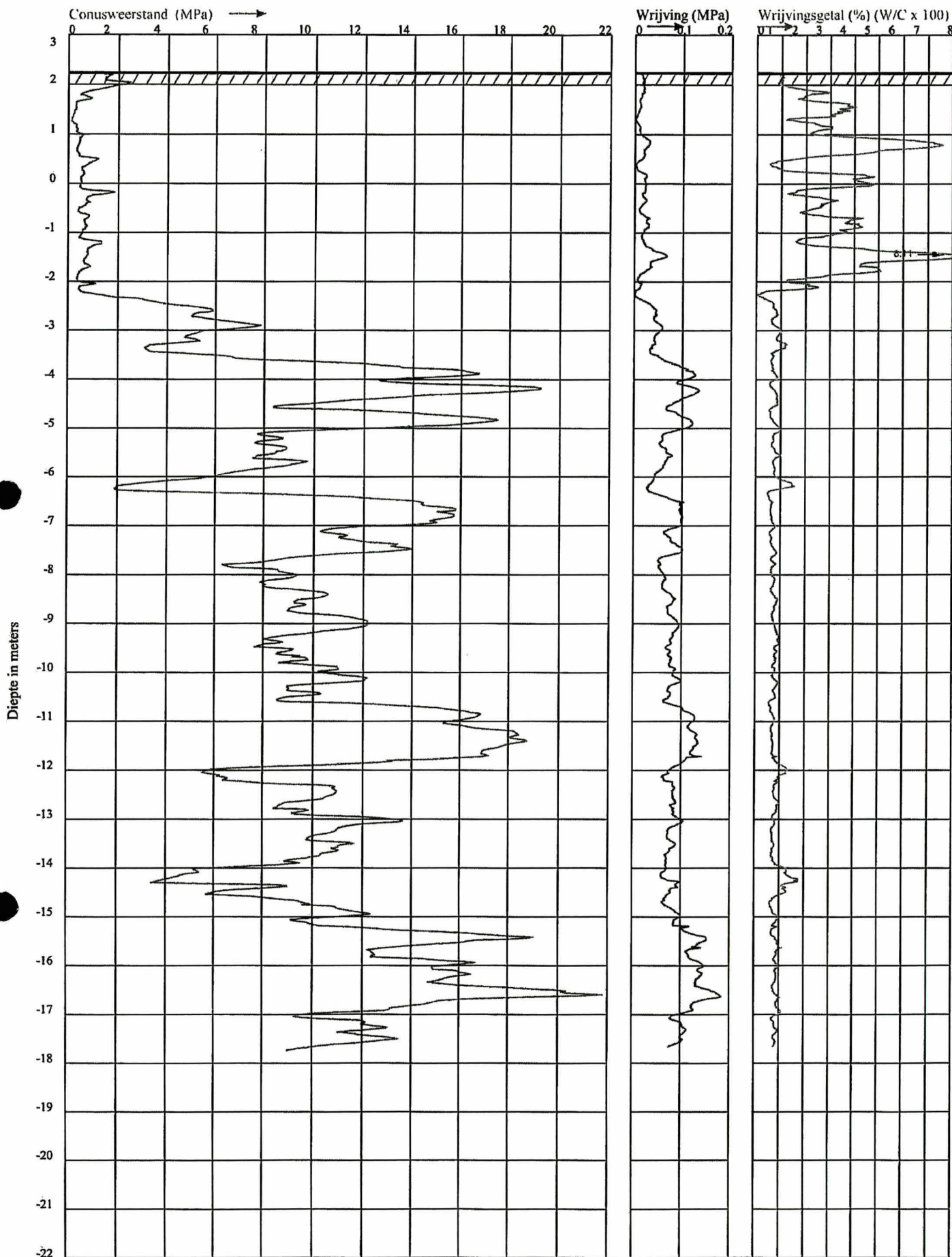
E-mail : info@vd-straaten.nl  
Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE  
LOCATIE : BOOGERDWEG  
OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN  
WERKNUMMER : **080673**  
SONDERING NR. : **8**

HOOGTE MAAIVELD : **2.26** m T.O.V. N.A.P.  
GRONDWATERSTAND : m I - MAAIVELD  
DATUM : 16-12-2008  
TIJD : 9:17

CONUS TYPE : SUB-10  
CONUS NR. : 021105  
SONDERING VOLGENS NEN5140  
KLASSE 2





**VAN DER STRAATEN**

Postbus 5

Telefoon 0113-382510

E-mail : info@vd-straaten.nl

AANNEMINGSMACHTSCHAPIJ B.V.

4417 ZG Hansweert

Telefax 0113-383404

Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE

HOOGTE MAAIVELD : 2.26 m T.O.V. N.A.P.

CONUS TYPE : SUB-10

LOCATIE : BOOGERDWEG

GRONDWATERSTAND : m1-MAAIVELD

CONUS NR. : 021105

OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN

SONDERING VOLGENS NEN3140

WERKNUMMER : 080673

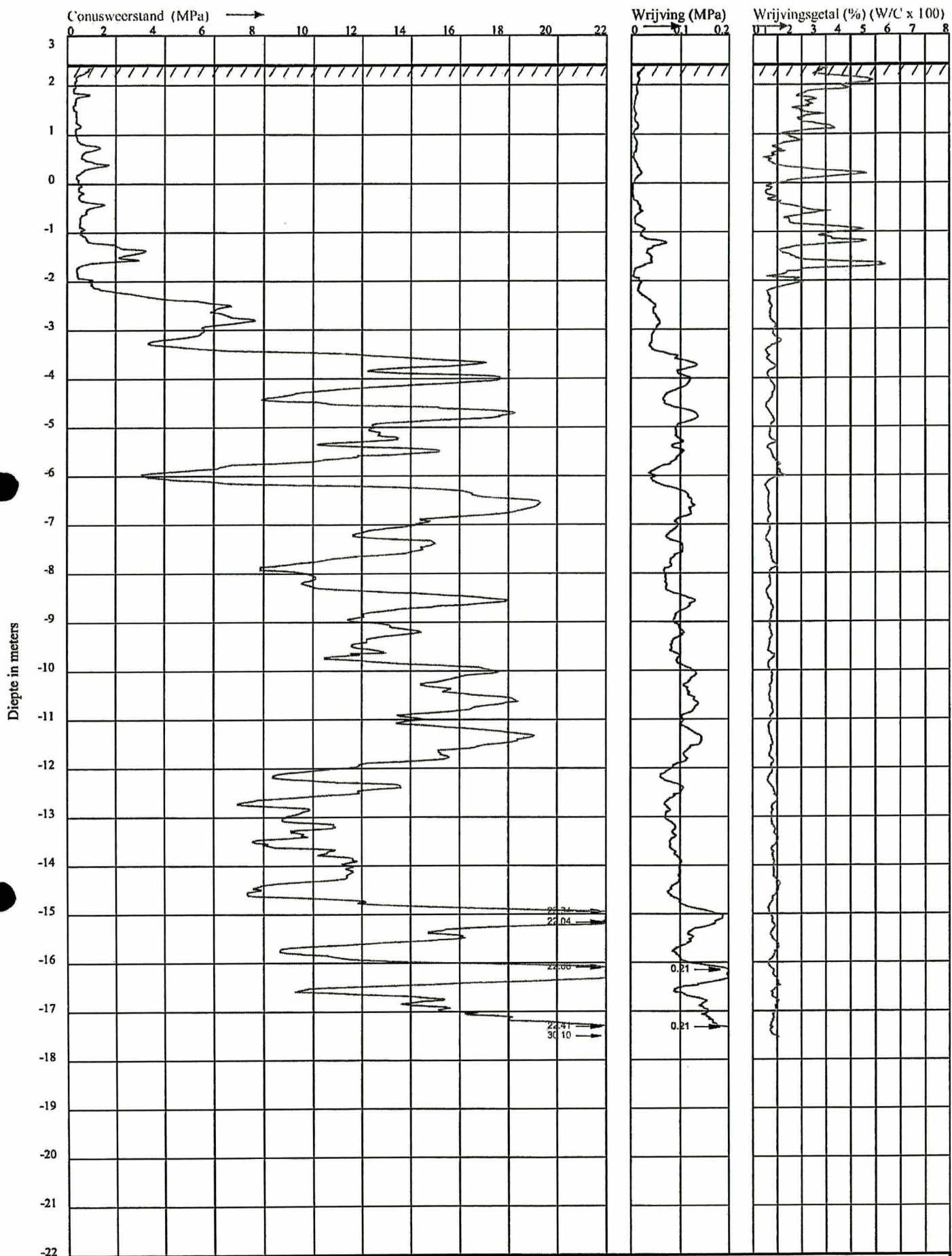
DATUM : 16-12-2008

KLASSE 2

SONDERING NR. : 7

TUD : 11:56





**VAN DER STRAATEN**  
AANNEMINGSMACHTSCHAPE B.V.

Postbus 5  
4417 ZG Hansweert

Telefoon 0113-382510  
Telefax 0113-383404

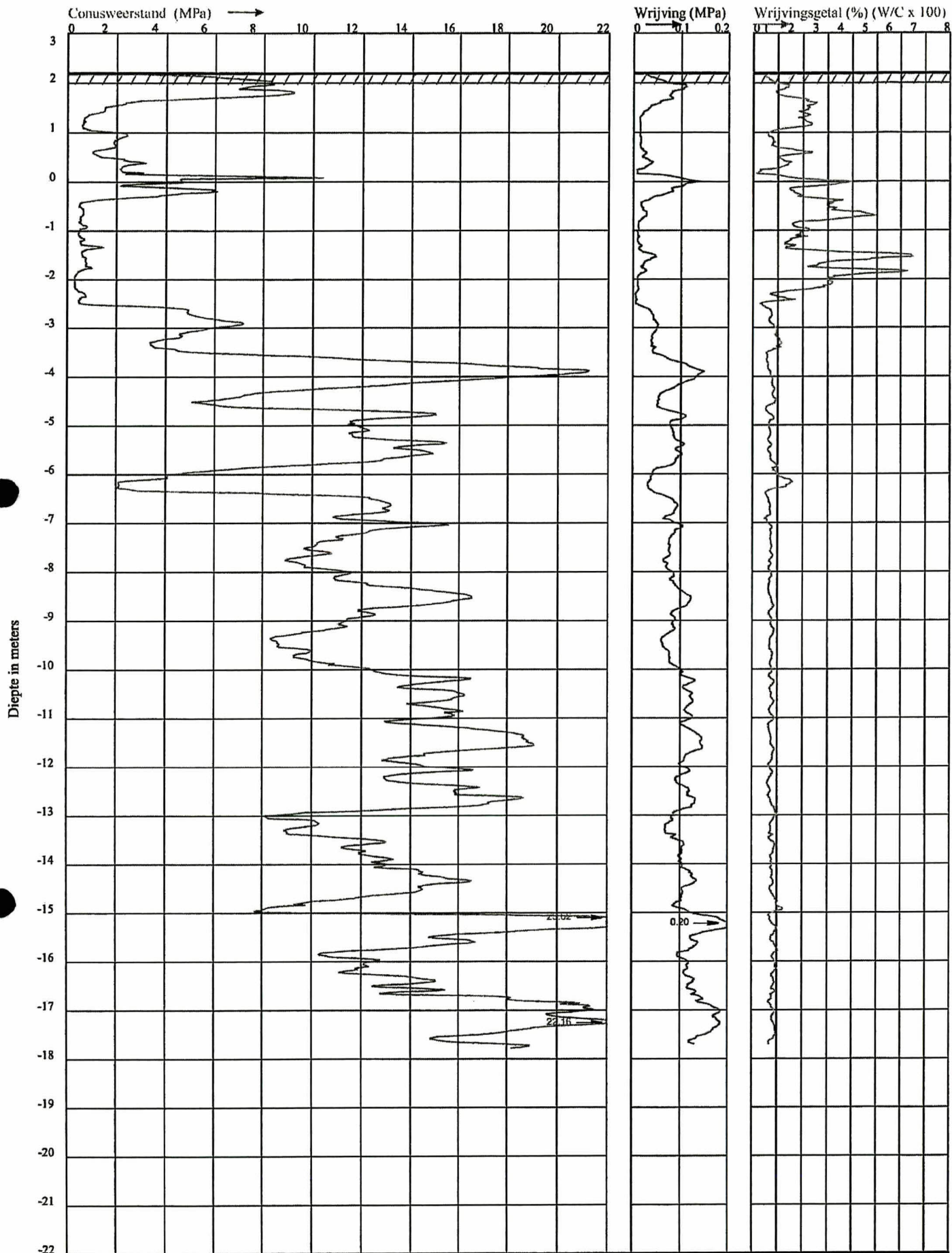
E-mail : info@vd-straaten.nl  
Internet : www.vd-straaten.nl

PLAATS : KERKWERVE  
LOCATIE : BOOGERDWEG  
OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN  
WERKNUMMER : **080673**  
SONDERING NR. : **10**

HOOGTE MAAVELD : **2.43** m1 T.O.V. N.A.P.  
GRONDWATERSTAND : m1- MAAVELD  
DATUM : 16-12-2008  
TIJD : 13:07

CONUS TYPE : SUB-10  
CONUS NR. : 021105  
SONDERING VOLGENS NEN5140  
KLASSE 2





**VAN DER STRAATEN**  
AANNEMINGSMAATSCHAPJI B.V.

Postbus 5  
4417 ZG Hansweert

Telefoon 0113-382510  
Telefax 0113-383404

E-mail : info@vd-straaten.nl  
Internet : www.vd-straaten.nl

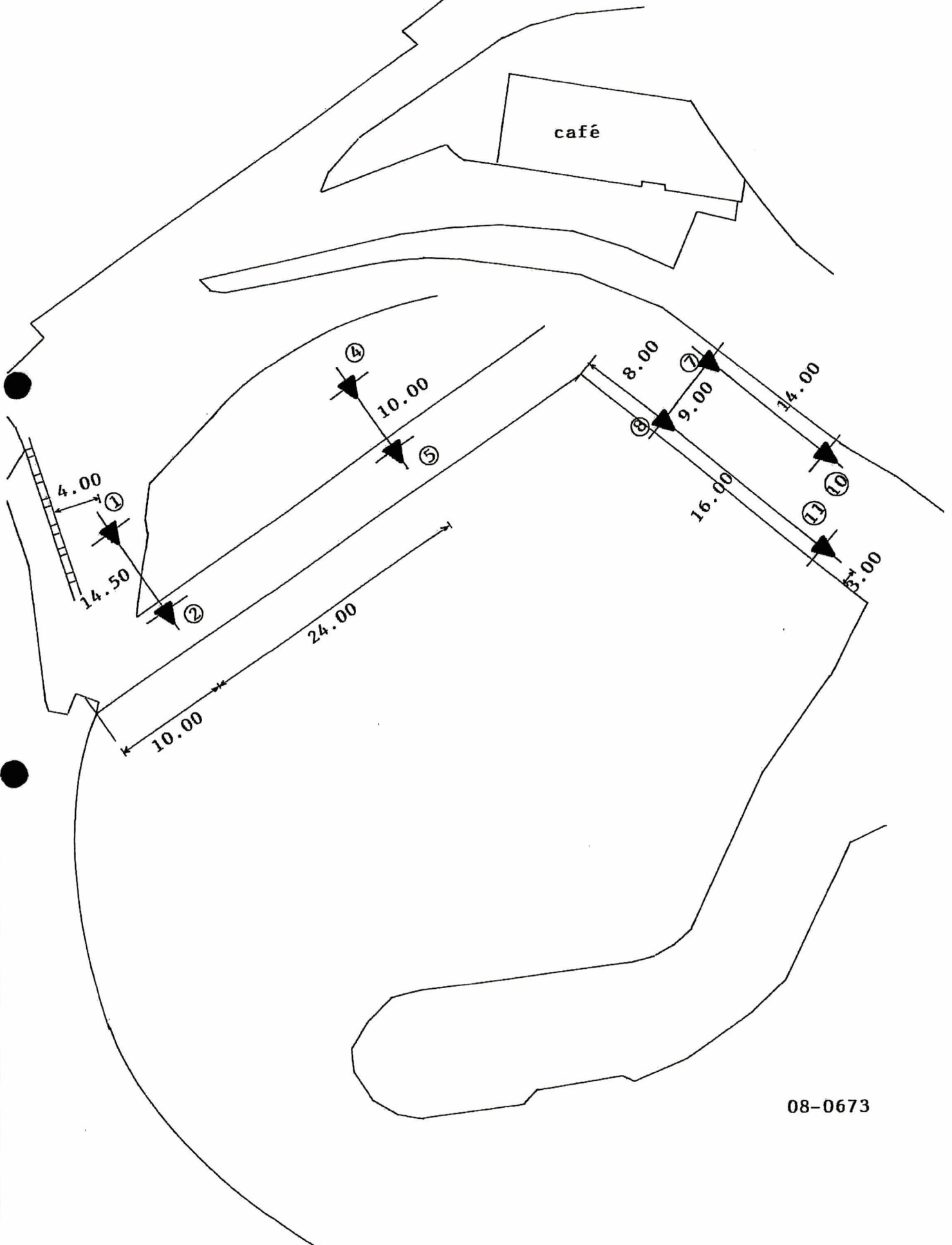
PLAATS : KERKWERVE  
LOCATIE : BOOGERDWEG  
OPDRACHTGEVER : WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN  
WERKNUMMER : **080673**  
SONDERING NR. : **11**

HOOGTE MAAIVELD : **2.22** m t.o.v. N.A.P.  
GRONDWATERSTAND : m1-MAAIVELD  
DATUM : 16-12-2008  
TIJD : 10:05

CONUS TYPE : SUB-10  
CONUS NR. : 021105  
SONDERING VOLGENS NEN5140  
KLASSE 2



SITUATIE SONDERINGEN TE KERKWERVE



08-0673

**GRONDPROFIEL**

(volgens NEN 6740; tabel 1)

**Sondering nr. 11**

R:\Projecten\wzpzl\Grondanalyse 11.xls

(programma update: 15-5-'02)

(lage repr. waarden van gemiddelden)

| nivo t.o.v. NAP<br>[m] | $q_c$<br>[MPa] | $\sigma_v'$ | $C_N$ | $q_c'$<br>[MPa] | w/c<br>[%] | grondsoort                  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{nat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$<br>[°] | C<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $f_{undr}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $C_c$ | $C_\alpha$ |
|------------------------|----------------|-------------|-------|-----------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|--|---------------|---------------------------|------------------------------------|-------|------------|
| 2.45<br>Laag 1<br>1.60 | 5              | 8           | 3.3   | 16.6            | 0.7        | zand, schoon, los tot matig | 17.5                             | 19.5                                   | 30.0          | 0                         | 0                                  | 0.014 | 0          |
| -0.30<br>Laag 2        | 2              | 32          | 1.0   | 2.0             | 2          | klei, schoon, vast          | 19                               | 19                                     | 17.5          | 25                        | 100                                | 0.168 | 0.004      |
| -1.50<br>Laag 3        | 0.6            | 55          | 1.0   | 0.6             | 3.5        | klei, organisch, matig      | 15                               | 15                                     | 15.0          | 0                         | 25                                 | 0.760 | 0.012      |
| -2.50<br>Laag 4        | 0.4            | 66          | 1.0   | 0.4             | 6          | klei, organisch, slap       | 13                               | 13                                     | 15.0          | 0                         | 10                                 | 1.690 | 0.015      |
| -3.50<br>Laag 5        | 5              | 77          | 1.0   | 5.0             | 0.7        | zand, schoon, los           | 17                               | 19                                     | 30.0          | 0                         | 0                                  | 0.021 | 0          |
| -18.80<br>Laag 6       | 12             | 155         | 0.7   | 8.3             | 0.8        | zand, schoon, los tot matig | 17.5                             | 19.5                                   | 30.0          | 0                         | 0                                  | 0.014 | 0          |
| -20.40<br>Laag 7       | 2.5            | 236         | 1.0   | 2.5             | 4          | klei, zwak zandig, vast     | 20                               | 20                                     | 22.5          | 25                        | 120                                | 0.126 | 0.003      |
| -21.50<br>Laag 8       | 8              | 250         | 0.6   | 4.8             | 2.5        | zand, sterk siltig          | 18.5                             | 20.5                                   | 25.0          | 0                         | 0                                  | 0.014 | 0          |
| -24.00<br>Laag 9       | 4              | 269         | 1.0   | 4.0             | 3.8        | leem, zwak zandig, vast     | 21                               | 21                                     | 27.5          | 5                         | 200                                | 0.049 | 0.001      |
| -31.00<br>Laag 10      | 17             | 318         | 0.6   | 10.2            | 3.8        | zand, schoon, matig         | 18                               | 20                                     | 32.5          | 0                         | 0                                  | 0.006 | 0          |

# BIJLAGE C

## UITVOER BEREKENING HOOFDWAND

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMWAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A



## Report for MSheet 7.7

Design of Sheet Pilings  
Developed by GeoDelft

Company: Raadgevend Ingenieursbureau  
Lieveense B.V.

Date of report: 18-2-2009  
Time of report: 10:18:44

Date of calculation: 18-2-2009  
Time of calculation: 9:13:59

Filename: T:\..\Damwand\090202-damwand flauwershaven-grondanalyse

Project identification: Dijkvak polder Schouwen  
Ontwerp damwand in Flauwershaven  
AZ26, 2",NAP+2.25m, hoh=3,78m

Verification according to CUR 166

## 1 Summary

### 1.1 Overview per Stage and Test

| Stage no. | Verification type | Displacement [mm] | Moment [kNm]  | Shear force [kN] | Mob. perc. moment [%] | Mob. perc. resistance [%] | Vertical balance |
|-----------|-------------------|-------------------|---------------|------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| 1         | Not verified      |                   |               |                  |                       |                           |                  |
| 2         | Not verified      |                   |               |                  |                       |                           |                  |
| 3         | Not verified      |                   |               |                  |                       |                           |                  |
| 4         | Step 6.1          |                   | <b>-192.7</b> | <b>-73.0</b>     | <b>96.9</b>           | <b>97.3</b>               | ---              |
| 4         | Step 6.2          |                   | <b>-192.5</b> | <b>73.0</b>      | <b>96.9</b>           | <b>97.3</b>               | ---              |
| 4         | Step 6.3          |                   | <b>-171.9</b> | <b>67.8</b>      | <b>86.5</b>           | <b>88.1</b>               | ---              |
| 4         | Step 6.4          |                   | <b>-170.0</b> | <b>68.3</b>      | <b>86.4</b>           | <b>88.2</b>               | ---              |
| 4         | Step 6.5          | <b>-27.5</b>      | <b>-75.9</b>  | <b>60.1</b>      | <b>50.1</b>           | <b>54.7</b>               | ---              |
| 4         | Step 6.5 * 1.20   |                   | <b>-91.1</b>  | <b>72.1</b>      |                       |                           |                  |
| 4         | Step 9.1          |                   | <b>-192.7</b> | <b>-73.0</b>     | <b>96.9</b>           | <b>97.3</b>               | ---              |
| Max       |                   | <b>-27.5</b>      | <b>-192.7</b> | <b>73.0</b>      | <b>96.9</b>           | <b>97.3</b>               | ---              |

### 1.2 Anchors and Struts

| Stage | Verification type | Anchor/strut leganker 2" |         |
|-------|-------------------|--------------------------|---------|
|       |                   | Force [kN]               | State   |
| 4     | Step 6.1          | 74.52                    | Elastic |
| 4     | Step 6.2          | 74.47                    | Elastic |
| 4     | Step 6.3          | 68.87                    | Elastic |
| 4     | Step 6.4          | 68.34                    | Elastic |
| 4     | Step 6.5          | 38.75                    | Elastic |
| 4     | Step 9.1          | 74.52                    | Elastic |

### 1.3 Overall Stability per Stage

| Stage name   | Stability factor [-] |
|--------------|----------------------|
| Eindsituatie | 1.20                 |

## 2 Input Data for all Stages

### 2.1 General Input Data

Verification according to CUR 166

|   |                        |
|---|------------------------|
| Model                                     | Sheet piling           |
| Check vertical balance                    | No                     |
| Number of construction stages             | 4                      |
| Unit weight of water                      | 9.81 kN/m <sup>3</sup> |
| Number of curves on spring characteristic | 3                      |
| Unloading curve on spring characteristic  | No                     |

### 2.2 Sheet Piling Properties

Length 8.00 m  
Level top side 2.45 m  
Number of sections 1

| Section name | From [m] | To [m] | Stiffness EI [kNm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ] | Acting width [m] | Maximum moment [kNm/m <sup>2</sup> ] |
|--------------|----------|--------|--|------------------|--------------------------------------|
| AZ 26        | -5.55    | 2.45   | 1.1657E+05                                       | 1.00             | 624.00                               |

| Section name | From [m] | To [m] | Red. factor EI [-] | Red. factor max. moment [-] | Note to reduction factor |
|--------------|----------|--------|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| AZ 26        | -5.55    | 2.45   | 0.38               | 0.38                        |                          |

| Section name | From [m] | To [m] | Corrected stiffness EI [kNm <sup>2</sup> ] | Corrected max. moment [kNm] |
|--------------|----------|--------|--|-----------------------------|
| AZ 26        | -5.55    | 2.45   | 4.4300E+04                                 | 237.12                      |

### 2.3 Calculation Options

|  |   |
|--|---|
| First stage represents initial situation     | No  |
| Calculation refinement                       | Coarse  |
| Reduce delta(s) according to CUR             | Yes   |
| Verification                                 | CUR method II: Partial factors (design values) in verified stage only |
| Verification of stage                        | 4: Eindsituatie   |
| Multiplication factor for anchor stiffness   | 1.000   |
| Used partial factor set                      | III   |
| Factors on surface loads                     |   |
| - Permanent load, unfavourable               | 1.00  |
| - Permanent load, favourable                 | 1.00  |
| - Variable load, unfavourable                | 1.25  |
| - Variable load, favourable                  | 0.00  |
| Material factors                             |   |
| - Cohesion                                   | 1.10  |
| - Tangent phi                                | 1.20  |
| - Delta (wall friction angle)                | 1.20  |
| - Modulus of subgrade reactions              | 1.30  |
| Geometry modification                        |   |
| - Reduction in surface level on passive side | - 0.35 m  |
| - Reduction in phreatic line on passive side | - 0.25 m  |
| - Raise in phreatic line on passive side     | - 0.25 m  |

---

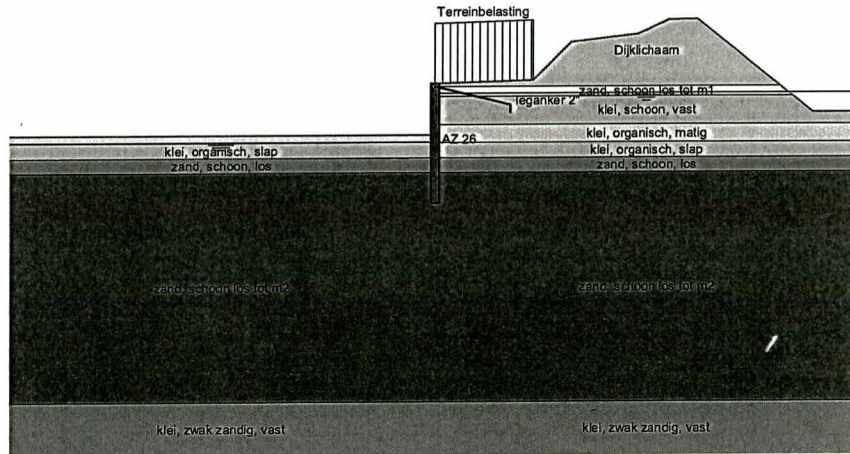
- Raise in phreatic line on active side      0.05 m

Overall stability factors

- Driving moment      1.10  
- Cohesion      1.50  
- Phi      1.20

### 3 Outline Stage 4: Eindsituatie

Outline - Stage 4: Eindsituatie

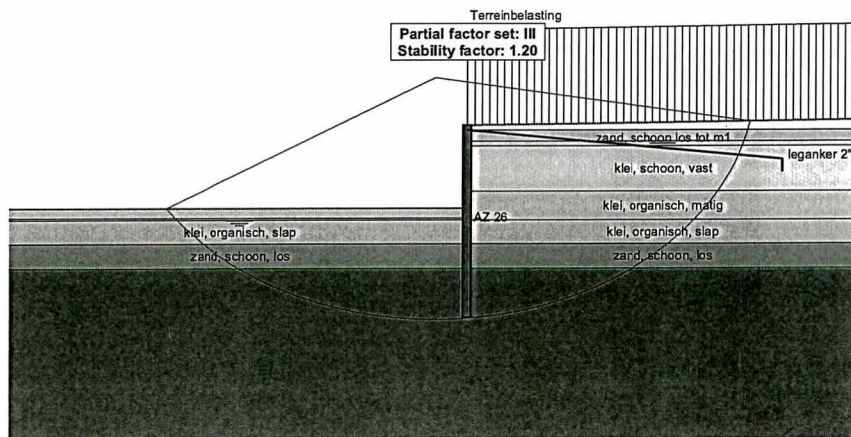


### 4 Overall Stability Stage 4: Eindsituatie

Stability factor : 1.20

#### 4.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 4: Eindsituatie



## 5 Step 9.1 Stage 4: Eindsituatie

### 5.1 Input Data Left

#### 5.1.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

#### 5.1.2 Water Level

Water level: -1.35 [m]

#### 5.1.3 Surface

| X [m] | Y [m] |
|-------|-------|
| 0.00  | -1.35 |

#### 5.1.4 Soil Layer Properties in Profile: Bestand

| Layer name          | Level [m] | Unit weight                |                          | Cohesion [kN/m <sup>2</sup> ] | Friction angle phi [deg] | Delta friction angle [deg] |
|---------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                     |           | Unsat [kN/m <sup>3</sup> ] | Sat [kN/m <sup>3</sup> ] |                               |                          |                            |
| Dijklichaam         | 7.00      | 18.00                      | 20.00                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 17.50                      | 19.50                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 19.00                      | 19.00                    | 22.73                         | 14.72                    | 9.82                       |
| klei, organisch,... | -0.30     | 15.00                      | 15.00                    | 0.00                          | 12.59                    | 8.39                       |
| klei, organisch,... | -1.50     | 13.00                      | 13.00                    | 0.00                          | 12.59                    | 8.39                       |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 17.00                      | 19.00                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 17.50                      | 19.50                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 20.00                      | 20.00                    | 22.73                         | 19.04                    | 12.70                      |

| Layer name          | Level [m] | Shell factor [-] | OCR [-] | Grain type |
|---------------------|-----------|------------------|---------|------------|
| Dijklichaam         | 7.00      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, organisch,... | -0.30     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, organisch,... | -1.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 1.00             | 1.00    | Fine       |

| Layer name          | Level [m] | Earth pressure coefficients |             |             | Additional pore pressure |                             |
|---------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
|                     |           | Active [-]                  | Neutral [-] | Passive [-] | Top [kN/m <sup>2</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon l...   | 2.25      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, organisch,... | -0.30     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, organisch,... | -1.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon, los   | -2.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon l...   | -3.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |

#### 5.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

| Layer name          | Level [m] | Branch 1                 |                             | Branch 2                 |                             |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                     |           | Top [kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>3</sup> ] | Top [kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>3</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00      | 9230.77                  | 9230.77                     | 4615.38                  | 4615.38                     |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 9230.77                  | 9230.77                     | 4615.38                  | 4615.38                     |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 4615.38                  | 4615.38                     | 3076.92                  | 3076.92                     |
| klei, organisch,... | -0.30     | 1538.46                  | 1538.46                     | 615.38                   | 615.38                      |

| Layer name          | Level<br>[m] | Branch 1                    |                                | Branch 2                    |                                |
|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|                     |              | Top<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Top<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
| klei, organisch,... | -1.50        | 30769.23                    | 30769.23                       | 15384.62                    | 15384.62                       |
| zand, schoon, los   | -2.50        | 30769.23                    | 30769.23                       | 15384.62                    | 15384.62                       |
| zand, schoon l...   | -3.50        | 15384.62                    | 15384.62                       | 7692.31                     | 7692.31                        |
| klei, zwak zand...  | -18.80       | 4615.38                     | 4615.38                        | 3076.92                     | 3076.92                        |

| Layer name          | Level<br>[m] | Branch 3                    |                                |
|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|
|                     |              | Top<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00         | 2307.69                     | 2307.69                        |
| zand, schoon l...   | 2.25         | 2307.69                     | 2307.69                        |
| klei, schoon, vast  | 1.60         | 1538.46                     | 1538.46                        |
| klei, organisch,... | -0.30        | 384.62                      | 384.62                         |
| klei, organisch,... | -1.50        | 7692.31                     | 7692.31                        |
| zand, schoon, los   | -2.50        | 7692.31                     | 7692.31                        |
| zand, schoon l...   | -3.50        | 3846.15                     | 3846.15                        |
| klei, zwak zand...  | -18.80       | 1538.46                     | 1538.46                        |

## 5.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

| Segment number | Level<br>[m] | Horizontal pressure            |                                 | Fictive earth pressure coefficients |           |           |
|----------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                |              | Active<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Passive<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Ka<br>[-]                           | Ko<br>[-] | Kp<br>[-] |
| 1              | -1.37        | 0.1                            | 0.2                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 2              | -1.41        | 0.2                            | 0.5                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 3              | -1.46        | 0.3                            | 1.1                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 4              | -1.59        | 0.6                            | 1.9                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 5              | -1.81        | 1.0                            | 3.2                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 6              | -2.09        | 1.5                            | 4.9                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 7              | -2.36        | 2.0                            | 6.5                             | 0.58                                | 0.78      | 1.84      |
| 8              | -2.67        | 1.8                            | 23.0                            | 0.33                                | 0.57      | 4.19      |
| 9              | -3.00        | 2.9                            | 35.2                            | 0.33                                | 0.57      | 4.11      |
| 10             | -3.33        | 3.9                            | 47.8                            | 0.33                                | 0.57      | 4.11      |
| 11             | -3.67        | 5.0                            | 60.8                            | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |
| 12             | -4.01        | 6.1                            | 74.4                            | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |
| 13             | -4.35        | 7.2                            | 88.0                            | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |
| 14             | -4.70        | 8.3                            | 101.6                           | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |
| 15             | -5.04        | 9.4                            | 115.2                           | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |
| 16             | -5.38        | 10.5                           | 128.8                           | 0.34                                | 0.57      | 4.11      |

## 5.3 Input Data Right

### 5.3.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

### 5.3.2 Water Level

Water level: 1.85 [m]

### 5.3.3 Surface

| X [m] | Y [m] |
|-------|-------|
| 0.00  | 2.45  |
| 13.00 | 2.67  |
| 18.00 | 5.21  |
| 27.00 | 5.73  |
| 31.00 | 6.67  |
| 34.80 | 6.70  |
| 50.00 | 0.48  |



## 5.3.4 Soil Layer Properties in Profile: Bestand

| Layer name          | Level [m] | Unit weight                |                          | Cohesion [kN/m <sup>2</sup> ] | Friction angle phi [deg] | Delta friction angle [deg] |
|---------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                     |           | Unsat [kN/m <sup>3</sup> ] | Sat [kN/m <sup>3</sup> ] |                               |                          |                            |
| Dijklichaam         | 7.00      | 18.00                      | 20.00                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 17.50                      | 19.50                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 19.00                      | 19.00                    | 22.73                         | 14.72                    | 9.82                       |
| klei, organisch,... | -0.30     | 15.00                      | 15.00                    | 0.00                          | 12.59                    | 8.39                       |
| klei, organisch,... | -1.50     | 13.00                      | 13.00                    | 0.00                          | 12.59                    | 8.39                       |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 17.00                      | 19.00                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 17.50                      | 19.50                    | 0.00                          | 25.69                    | 17.13                      |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 20.00                      | 20.00                    | 22.73                         | 19.04                    | 12.70                      |

| Layer name          | Level [m] | Shell factor [-] | OCR [-] | Grain type |
|---------------------|-----------|------------------|---------|------------|
| Dijklichaam         | 7.00      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, organisch,... | -0.30     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, organisch,... | -1.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 1.00             | 1.00    | Fine       |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 1.00             | 1.00    | Fine       |

| Layer name          | Level [m] | Earth pressure coefficients |             |             | Additional pore pressure |                             |
|---------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
|                     |           | Active [-]                  | Neutral [-] | Passive [-] | Top [kN/m <sup>2</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon l...   | 2.25      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, organisch,... | -0.30     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, organisch,... | -1.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon, los   | -2.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| zand, schoon l...   | -3.50     | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | n.a.                        | n.a.        | n.a.        | 0.00                     | 0.00                        |

## 5.3.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

| Layer name          | Level [m] | Branch 1                 |                             | Branch 2                 |                             |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                     |           | Top [kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>3</sup> ] | Top [kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>3</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00      | 9230.77                  | 9230.77                     | 4615.38                  | 4615.38                     |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 9230.77                  | 9230.77                     | 4615.38                  | 4615.38                     |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 4615.38                  | 4615.38                     | 3076.92                  | 3076.92                     |
| klei, organisch,... | -0.30     | 1538.46                  | 1538.46                     | 615.38                   | 615.38                      |
| klei, organisch,... | -1.50     | 30769.23                 | 30769.23                    | 15384.62                 | 15384.62                    |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 30769.23                 | 30769.23                    | 15384.62                 | 15384.62                    |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 15384.62                 | 15384.62                    | 7692.31                  | 7692.31                     |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 4615.38                  | 4615.38                     | 3076.92                  | 3076.92                     |

| Layer name          | Level [m] | Branch 3                 |                             |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
|                     |           | Top [kN/m <sup>3</sup> ] | Bottom [kN/m <sup>3</sup> ] |
| Dijklichaam         | 7.00      | 2307.69                  | 2307.69                     |
| zand, schoon l...   | 2.25      | 2307.69                  | 2307.69                     |
| klei, schoon, vast  | 1.60      | 1538.46                  | 1538.46                     |
| klei, organisch,... | -0.30     | 384.62                   | 384.62                      |
| klei, organisch,... | -1.50     | 7692.31                  | 7692.31                     |
| zand, schoon, los   | -2.50     | 7692.31                  | 7692.31                     |
| zand, schoon l...   | -3.50     | 3846.15                  | 3846.15                     |
| klei, zwak zand...  | -18.80    | 1538.46                  | 1538.46                     |

**5.3.6 Anchors**

| Name        | Level<br>[m] | E-Modulus<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Cross<br>section<br>[m <sup>2</sup> /m] | Length<br>[m] | Angle<br>[deg] | Yield force<br>[kN/m] | Pre-tension.<br>force<br>[kN/m] |
|-------------|--------------|-----------------------------------|---|---------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| leganker 2" | 2.25         | 2.100E+08                         | 2.989E-04                               | 10.00         | -7.00          | 106.00                | n.a.                            |

**5.3.7 Surcharge Loads**

| Name             | Distance<br>[m] | Load<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|-----------------|------------------------------|
| Terreinbelasting | 0.00            | 12.50                        |
|                  | 13.00           | 12.50                        |

**5.4 Calculated Earth Pressure Coefficients Right**

| Segment<br>number | Level<br>[m] | Horizontal pressure            |                                 | Fictive earth pressure coefficients |           |           |
|-------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                   |              | Active<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Passive<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Ka<br>[-]                           | Ko<br>[-] | Kp<br>[-] |
| 1                 | 2.35         | 4.9                            | 61.4                            | 0.34                                | 0.97      | 4.25      |
| 2                 | 2.05         | 6.7                            | 84.1                            | 0.34                                | 0.82      | 4.25      |
| 3                 | 1.83         | 7.9                            | 100.2                           | 0.34                                | 0.76      | 4.25      |
| 4                 | 1.70         | 8.4                            | 105.6                           | 0.34                                | 0.75      | 4.25      |
| 5                 | 1.50         | -16.9                          | 143.0                           | 0.00                                | 0.82      | 5.34      |
| 6                 | 1.23         | -6.7                           | 144.7                           | 0.00                                | 0.81      | 4.93      |
| 7                 | 0.88         | 0.0                            | 149.5                           | 0.00                                | 0.79      | 4.58      |
| 8                 | 0.53         | 0.0                            | 155.4                           | 0.00                                | 0.79      | 4.33      |
| 9                 | 0.18         | 0.0                            | 161.8                           | 0.00                                | 0.78      | 4.13      |
| 10                | -0.15        | 0.0                            | 167.9                           | 0.00                                | 0.78      | 3.97      |
| 11                | -0.48        | 0.0                            | 87.5                            | 0.00                                | 0.80      | 1.96      |
| 12                | -0.83        | 0.0                            | 91.2                            | 0.00                                | 0.80      | 1.96      |
| 13                | -1.18        | 27.0                           | 94.9                            | 0.56                                | 0.80      | 1.96      |
| 14                | -1.37        | 28.3                           | 96.9                            | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 15                | -1.41        | 28.4                           | 97.3                            | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 16                | -1.46        | 28.6                           | 97.9                            | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 17                | -1.59        | 28.9                           | 98.9                            | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 18                | -1.81        | 29.4                           | 100.4                           | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 19                | -2.09        | 30.0                           | 102.3                           | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 20                | -2.36        | 30.6                           | 104.2                           | 0.57                                | 0.80      | 1.96      |
| 21                | -2.67        | 18.7                           | 248.9                           | 0.34                                | 0.63      | 4.50      |
| 22                | -3.00        | 19.8                           | 258.2                           | 0.34                                | 0.63      | 4.41      |
| 23                | -3.33        | 20.8                           | 269.2                           | 0.34                                | 0.63      | 4.36      |
| 24                | -3.67        | 21.9                           | 284.9                           | 0.34                                | 0.63      | 4.38      |
| 25                | -4.01        | 23.1                           | 314.1                           | 0.34                                | 0.62      | 4.58      |
| 26                | -4.35        | 24.2                           | 348.0                           | 0.34                                | 0.62      | 4.84      |
| 27                | -4.70        | 25.3                           | 386.2                           | 0.34                                | 0.62      | 5.12      |
| 28                | -5.04        | 26.5                           | 427.9                           | 0.34                                | 0.61      | 5.42      |
| 29                | -5.38        | 27.6                           | 473.2                           | 0.34                                | 0.61      | 5.74      |

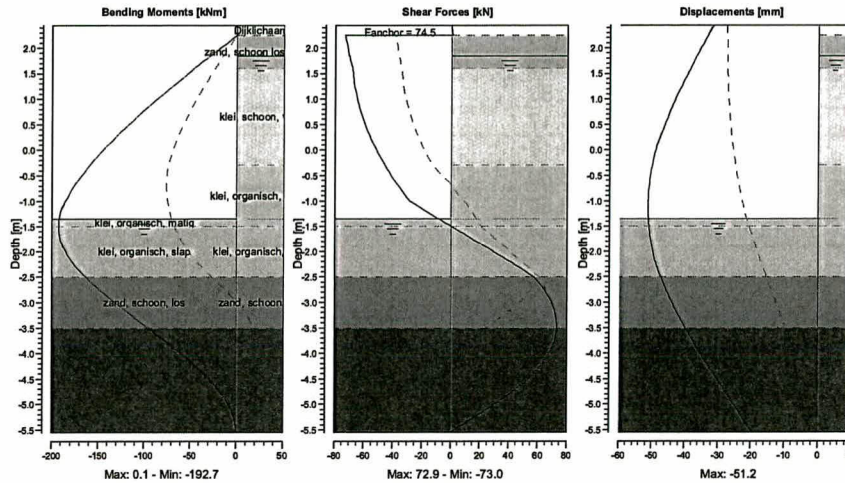
**5.5 Calculation Results**

Number of iterations: 6

5.5.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 4: Eindsituatie

Step 9.1 - Partial factor set: III



5.5.2 Moments, Forces and Displacements

| Segment number | Level [m] | Moment [kNm] | Shear force [kN] | Displacement [mm] |
|----------------|-----------|--------------|------------------|-------------------|
| 1              | 2.45      | 0.0          | 0.0              | -31.6             |
| 1              | 2.25      | 0.1          | 1.0              | -33.2             |
| 2              | 2.25      | 0.1          | -73.0            | -33.2             |
| 2              | 1.85      | -28.6        | -70.3            | -36.5             |
| 3              | 1.85      | -28.6        | -70.3            | -36.5             |
| 3              | 1.80      | -32.1        | -69.9            | -36.9             |
| 4              | 1.80      | -32.1        | -69.9            | -36.9             |
| 4              | 1.60      | -45.9        | -68.0            | -38.5             |
| 5              | 1.60      | -45.9        | -68.0            | -38.5             |
| 5              | 1.40      | -59.4        | -67.3            | -40.0             |
| 6              | 1.40      | -59.4        | -67.3            | -40.0             |
| 6              | 1.05      | -82.6        | -65.1            | -42.6             |
| 7              | 1.05      | -82.6        | -65.1            | -42.6             |
| 7              | 0.70      | -104.9       | -61.8            | -44.9             |
| 8              | 0.70      | -104.9       | -61.8            | -44.9             |
| 8              | 0.35      | -125.7       | -57.2            | -47.0             |
| 9              | 0.35      | -125.7       | -57.2            | -47.0             |
| 9              | 0.00      | -144.8       | -51.5            | -48.7             |
| 10             | 0.00      | -144.8       | -51.5            | -48.7             |
| 10             | -0.30     | -159.4       | -45.6            | -49.8             |
| 11             | -0.30     | -159.4       | -45.6            | -49.8             |
| 11             | -0.65     | -174.0       | -37.6            | -50.8             |
| 12             | -0.65     | -174.0       | -37.6            | -50.8             |
| 12             | -1.00     | -185.6       | -28.4            | -51.2             |
| 13             | -1.00     | -185.6       | -28.4            | -51.2             |
| 13             | -1.35     | -192.1       | -8.6             | -51.1             |
| 14             | -1.35     | -192.1       | -8.6             | -51.1             |
| 14             | -1.39     | -192.4       | -6.2             | -51.1             |
| 15             | -1.39     | -192.4       | -6.2             | -51.1             |
| 15             | -1.42     | -192.5       | -4.4             | -51.1             |

| Segment number         | Level [m] | Moment [kNm]  | Shear force [kN] | Displacement [mm] |
|------------------------|-----------|---------------|------------------|-------------------|
| 16                     | -1.42     | -192.5        | -4.4             | -51.1             |
| 16                     | -1.50     | <b>-192.7</b> | 0.3              | -51.0             |
| 17                     | -1.50     | <b>-192.7</b> | 0.3              | -51.0             |
| 17                     | -1.67     | -191.8        | 10.2             | -50.6             |
| 18                     | -1.67     | -191.8        | 10.2             | -50.6             |
| 18                     | -1.95     | -186.8        | 26.1             | -49.8             |
| 19                     | -1.95     | -186.8        | 26.1             | -49.8             |
| 19                     | -2.22     | -177.4        | 41.8             | -48.7             |
| 20                     | -2.22     | -177.4        | 41.8             | -48.7             |
| 20                     | -2.50     | -163.7        | 57.1             | -47.2             |
| 21                     | -2.50     | -163.7        | 57.1             | -47.2             |
| 21                     | -2.83     | -143.0        | 66.2             | -45.1             |
| 22                     | -2.83     | -143.0        | 66.2             | -45.1             |
| 22                     | -3.17     | -120.0        | 71.5             | -42.7             |
| 23                     | -3.17     | -120.0        | 71.5             | -42.7             |
| 23                     | -3.50     | -95.8         | 72.9             | -39.9             |
| 24                     | -3.50     | -95.8         | 72.9             | -39.9             |
| 24                     | -3.84     | -71.2         | 70.3             | -36.8             |
| 25                     | -3.84     | -71.2         | 70.3             | -36.8             |
| 25                     | -4.18     | -48.2         | 63.5             | -33.6             |
| 26                     | -4.18     | -48.2         | 63.5             | -33.6             |
| 26                     | -4.53     | -28.3         | 52.4             | -30.2             |
| 27                     | -4.53     | -28.3         | 52.4             | -30.2             |
| 27                     | -4.87     | -12.9         | 37.1             | -26.7             |
| 28                     | -4.87     | -12.9         | 37.0             | -26.7             |
| 28                     | -5.21     | -3.3          | 19.1             | -23.2             |
| 29                     | -5.21     | -3.3          | 19.1             | -23.2             |
| 29                     | -5.55     | 0.0           | 0.0              | -19.7             |
| Max                    |           | <b>-192.7</b> | <b>-73.0</b>     | <b>-51.2</b>      |
| Max, minor nodes incl. |           | -192.7        | -73.0            | -51.2             |

## 5.5.3 Stresses

| Node number | Level [m] | Left                                  |                                   |       |          | Right                                 |                                   |       |          |
|-------------|-----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------|----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------|----------|
|             |           | Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Water stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Stat* | Mob* [%] | Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Water stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Stat* | Mob* [%] |
| 1           | 2.45      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 4.21                                  | 0.00                              |       |          |
| 1           | 2.25      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 5.48                                  | 0.00                              |       |          |
| 2           | 2.25      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 5.47                                  | 0.00                              |       |          |
| 2           | 1.85      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 7.85                                  | 0.00                              |       |          |
| 3           | 1.85      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 7.85                                  | 0.00                              |       |          |
| 3           | 1.80      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 8.02                                  | 0.49                              |       |          |
| 4           | 1.80      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 8.02                                  | 0.49                              |       |          |
| 4           | 1.60      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 8.69                                  | 2.45                              |       |          |
| 5           | 1.60      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 2.45                              |       |          |
| 5           | 1.40      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 4.41                              |       |          |
| 6           | 1.40      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 4.41                              |       |          |
| 6           | 1.05      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 7.85                              |       |          |
| 7           | 1.05      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 7.85                              |       |          |
| 7           | 0.70      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 11.28                             |       |          |
| 8           | 0.70      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 11.28                             |       |          |
| 8           | 0.35      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 14.72                             |       |          |
| 9           | 0.35      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 14.72                             |       |          |
| 9           | 0.00      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 18.15                             |       |          |
| 10          | 0.00      | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 18.15                             |       |          |
| 10          | -0.30     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 21.09                             |       |          |
| 11          | -0.30     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 21.09                             |       |          |
| 11          | -0.65     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 24.53                             |       |          |
| 12          | -0.65     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 24.53                             |       |          |
| 12          | -1.00     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 0.00                                  | 27.96                             |       |          |
| 13          | -1.00     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 26.47                                 | 27.96                             |       |          |
| 13          | -1.35     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 27.54                                 | 31.39                             |       |          |
| 14          | -1.35     | 0.00                                  | 0.00                              |       |          | 28.26                                 | 31.39                             |       |          |
| 14          | -1.39     | 0.38                                  | 0.39                              |       |          | 28.38                                 | 31.78                             |       |          |

| Node number | Level [m] | Left                                  |                                   |       |          | Right                                 |                                   |       |          |
|-------------|-----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------|----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------|----------|
|             |           | Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Water stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Stat* | Mob* [%] | Effective stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Water stress [kN/m <sup>2</sup> ] | Stat* | Mob* [%] |
| 15          | -1.39     | 0.38                                  | 0.39                              |       |          | 28.39                                 | 31.78                             |       |          |
| 15          | -1.42     | 0.67                                  | 0.69                              |       |          | 28.48                                 | 32.08                             |       |          |
| 16          | -1.42     | 0.67                                  | 0.69                              |       |          | 28.49                                 | 32.08                             |       |          |
| 16          | -1.50     | 1.43                                  | 1.47                              |       |          | 28.74                                 | 32.86                             |       |          |
| 17          | -1.50     | 1.43                                  | 1.47                              |       |          | 28.76                                 | 32.86                             |       |          |
| 17          | -1.67     | 2.43                                  | 3.14                              |       |          | 29.10                                 | 34.53                             |       |          |
| 18          | -1.67     | 2.43                                  | 3.14                              |       |          | 29.13                                 | 34.53                             |       |          |
| 18          | -1.95     | 4.06                                  | 5.85                              |       |          | 29.68                                 | 37.25                             |       |          |
| 19          | -1.95     | 4.06                                  | 5.85                              |       |          | 29.71                                 | 37.25                             |       |          |
| 19          | -2.22     | 5.68                                  | 8.57                              |       |          | 30.27                                 | 39.96                             |       |          |
| 20          | -2.22     | 5.68                                  | 8.57                              |       |          | 30.30                                 | 39.96                             |       |          |
| 20          | -2.50     | 7.31                                  | 11.28                             |       |          | 30.86                                 | 42.67                             |       |          |
| 21          | -2.50     | 16.61                                 | 11.28                             |       |          | 18.18                                 | 42.67                             |       |          |
| 21          | -2.83     | 29.43                                 | 14.55                             |       |          | 19.25                                 | 45.94                             |       |          |
| 22          | -2.83     | 28.93                                 | 14.55                             |       |          | 19.23                                 | 45.94                             |       |          |
| 22          | -3.17     | 41.53                                 | 17.82                             |       |          | 20.31                                 | 49.21                             |       |          |
| 23          | -3.17     | 41.47                                 | 17.82                             |       |          | 20.29                                 | 49.21                             |       |          |
| 23          | -3.50     | 54.06                                 | 21.09                             |       |          | 21.37                                 | 52.48                             |       |          |
| 24          | -3.50     | 54.04                                 | 21.09                             |       |          | 21.35                                 | 52.48                             |       |          |
| 24          | -3.84     | 67.64                                 | 24.44                             |       |          | 22.51                                 | 55.84                             |       |          |
| 25          | -3.84     | 67.64                                 | 24.44                             |       |          | 22.49                                 | 55.84                             |       |          |
| 25          | -4.18     | 81.23                                 | 27.80                             |       |          | 23.65                                 | 59.19                             |       |          |
| 26          | -4.18     | 81.23                                 | 27.80                             |       |          | 23.62                                 | 59.19                             |       |          |
| 26          | -4.53     | 94.83                                 | 31.15                             |       |          | 24.79                                 | 62.54                             |       |          |
| 27          | -4.53     | 94.82                                 | 31.15                             |       |          | 24.76                                 | 62.54                             |       |          |
| 27          | -4.87     | 108.33                                | 34.50                             |       | 99       | 25.93                                 | 65.89                             |       |          |
| 28          | -4.87     | 108.32                                | 34.50                             |       | 99       | 25.90                                 | 65.89                             |       |          |
| 28          | -5.21     | 112.59                                | 37.85                             |       | 92       | 27.07                                 | 69.24                             |       |          |
| 29          | -5.21     | 112.59                                | 37.85                             |       | 92       | 27.04                                 | 69.24                             |       |          |
| 29          | -5.55     | 117.69                                | 41.20                             |       | 87       | 28.21                                 | 72.59                             |       |          |

\*

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

#### 5.5.4 Soil Collapse

| Horizontal soil pressure | Left [kN] | Right [kN] |
|--------------------------|-----------|------------|
| Effective                | 227.8     | 119.8      |
| Water                    | 86.5      | 268.6      |
| Total                    | 314.4     | 388.4      |

|  |             |
|--|-------------|
| Considered as passive side             | Left        |
| Maximum passive effective resistance   | 234.21 kN   |
| Mobilized passive effective resistance | 227.83 kN   |
| Percentage mobilized resistance        | 97.3 %      |
| Position single support                | 2.25 m      |
| Maximum passive moment                 | 1553.62 kNm |
| Mobilized passive moment               | 1505.37 kNm |
| Percentage mobilized moment            | 96.9 %      |

#### 5.5.5 Anchors/Struts

| Anchor/strut name | Level [m] | E-Modulus [kN/m <sup>2</sup> ] | Force [kN] | State   | Side  | Type   |
|-------------------|-----------|--------------------------------|------------|---------|-------|--------|
| leganker 2"       | 2.25      | 2.100E+08                      | 74.52      | Elastic | Right | Anchor |

### End of Report

# Verification Anchor Force

MSheet version 7.7

Date : 18-2-2009

Time: 10:19:44

Problem identification

Dijkvak polder Schouwen  
Ontwerp damwand in Flaauwershaven  
AZ26, 2", NAP+2.25m, hoh=3,78m

## Stage 4: Eindsituatie

|                         |          |                    |
|-------------------------|----------|--------------------|
| Height of anchor wall   | : 1.00   | [m]                |
| Anchor wall bottom      | : 0.53   | [m]                |
| Anchor wall top         | : 1.53   | [m]                |
| Length of anchor        | : 10.00  | [m]                |
| Cross section of anchor | : 298.90 | [mm <sup>2</sup> ] |

Anchorage is: long anchorage

WARNING The length of the anchor wall in relation to the depth is too small.

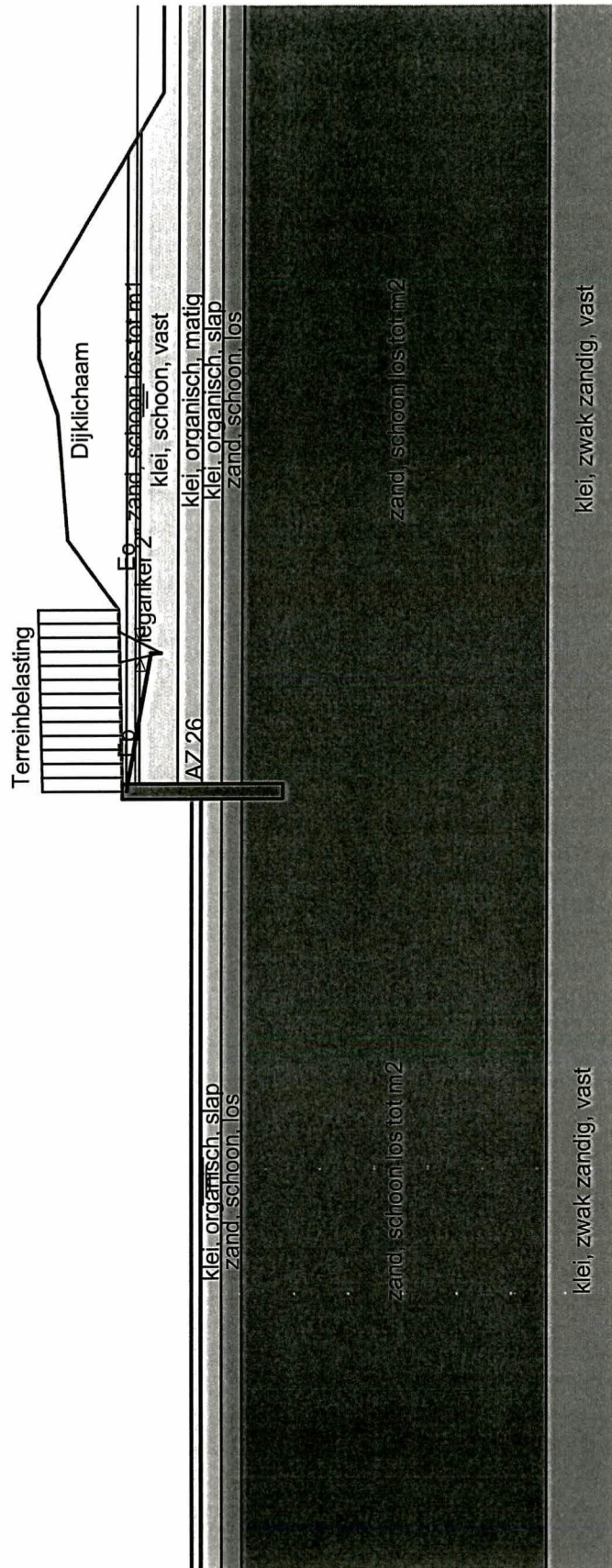
|                                 |                |      |
|---------------------------------|----------------|------|
| Anchor wall passive, no loads   | (Ep) : 206.551 | [kN] |
| Anchor wall passive, with loads | (Ep) : 289.899 | [kN] |
| Anchor wall active              | (Eo) : 0.000   | [kN] |

|  |           |      |
|--|-----------|------|
| Allowable Anchor Force = $E_p - E_o$         |           |      |
| Allowable Anchor Force                       | : 206.551 | [kN] |
| Actual anchor force (Rep)                    | : 38.747  | [kN] |
| Actual Anchor force Cur ( $1.5 * F_a; Max$ ) | : 111.786 | [kN] |

Anchor force is  
OK according to the check on representative values  
OK according to CUR

**End of Anchor Force Verification**

# Allowable Anchor Force - Stage: Eindsituatie



## LONG ANCHORAGE

|                               |                 |                   |                    |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| H = 1.00 [m]                  | Ea = - [kN/m]   | Ec = - [kN/m]     | Fmax = 2.1E02 [kN] |
| L = 10.00 [m]                 | Er = - [kN/m]   | Es = - [-]        | Fact = 39.00 [kN]  |
| A = 298.90 [mm <sup>2</sup> ] | Eo = 0.0 [kN/m] | Ep = 206.6 [kN/m] |                    |

MSheet 7.7 : 090202-damwand flauwershaven-grondanalyse.shi

|   |                               |  |                   |             |
|---|-------------------------------|--|-------------------|-------------|
| Raadgevend Ingenieursbureau<br>Lievense B.V.  | Tramsingel 2<br>4814 AB Breda | Phone +31 76 522 50 22<br>Fax +31 76 522 30 26 | date<br>18-2-2009 | drw.<br>EF  |
| Dijkvak polder Schouwen<br>Ontwerp damwand in Flauwershaven<br>AZ26, 2", NAP+2.25m, hoh=3,78m |                               |  | WZPZ              | chr.        |
|   |                               |  | Annex             | form.<br>A4 |

# BIJLAGE D

## UITVOER CONTROLE ANKERWAND EN GORDING

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMWAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A



## ONTWERP ONDERSTEUNING GORDING

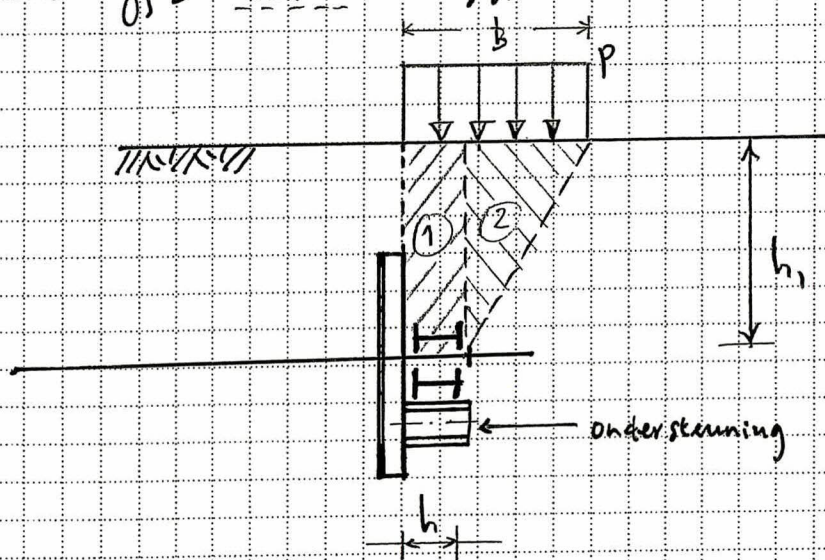
- Bovenbelasting :  $p = 10 \text{ kN/m}^2$
- Maaiveld hoogte :  $\text{NAP} + 2,50 \text{ m}$
- Aangrijpings hoogte anker :  $\text{NAP} + 1,10 \text{ m}$

Hoogte :  $h_1 = 1,40 \text{ m}$

- Type gording :  $2 \times \text{UWP 220}$ 
  - e.g. gording =  $2 \times 0,294 = 0,588 \text{ kN/m}$
  - gording hoogte  $h_2 = 0,08 \text{ m}$

### • Grond parameters

- $q = 22,5 \text{ kN/m}^2$
- $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_s = 18 \text{ kN/m}^3$



$$b = h + \frac{h_1}{\tan(45^\circ + \frac{\varphi}{2})} = 0,95 \text{ m}$$

$$A_1 = h \times h_1 = 0,242 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot h_1^2 \cdot \frac{1}{\tan(45^\circ + \frac{\varphi}{2})} = 0,404 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{tot}} = 0,646 \text{ m}^2$$

$$V_{d:\text{grond}} = 1,2 \times 0,646 \times 10 = 13,954 \text{ kN/m}^1$$

$$\gamma_F \times A_{\text{tot}} \times \gamma_d$$

$$V_{d:e.g.} = \gamma_F \cdot p_{\text{eg}} = 1,2 \times 0,588 = 0,706 \text{ kN/m}^1$$

$$V_{d:\text{bor:bot}} = \gamma_F \cdot p_{\text{eg}} \cdot B = 1,5 \times 1,0 \times 0,95 = 1,425 \text{ kN/m}^1$$

$$V_{d:\text{tot}} = 28,91 \text{ kN/m}^1$$

Ondersteuning:  $f_{yid} = 355 \text{ N/mm}^2$

$$A_{\text{lijf}} \geq \frac{V_{d:\text{tot}}}{0,58 f_{yid}} = 140 \text{ mm}^2/\text{m}^1$$

$$\text{h.o.h. afstand} = 3,98 \text{ m} \times$$

$$A_{\text{lijf}} \geq 531 \text{ mm}^2$$

→ Neem UNP 100 (twee 6 mm) lijf  $A_{\text{lijf}} = 600 \text{ mm}^2$



## INVOER

|                       |   |          |                   |      |
|-----------------------|---|----------|-------------------|------|
| <b>ankerkrachten:</b> | in de richting van het anker (conform Msheet uitvoer) |          |                   |      |
| BGT                   | $F_{A,max} =$   | 39 kN/m' | veiligheidsfactor | 1.50 |
| UGT                   | $F_{A,max} =$   | 75 kN/m' | veiligheidsklasse | 3    |

|   |        |            |                         |               |                 |
|---|--------|------------|-------------------------|---------------|-----------------|
| Spanningen ankerwand en gording toetsen op: |        |            |                         | $F_{s,A,d} =$ | <b>82 kN/m'</b> |
| methode                                     | CUR166 | Lastfall 3 | max. van 1.2*BGT en UGT |               |                 |

|                                     |             |                                 |  |       |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------------|--|-------|
| systeemmaat ankers                  | 3.78 m.     |                                 |  |       |
| aangrijpingpunt anker aan hoofdwand | 2.25 m. NAP |                                 |  |       |
| nivo gording aan ankerwand          | 1.10 m. NAP |                                 |  |       |
| lengte ankerstangen                 | 10.00 m.    | => hoek ankerstang = hoek wand: |  | 6.6 ° |

|                    |                  |                         |                    |             |                                    |
|--------------------|------------------|-------------------------|--------------------|-------------|------------------------------------|
| <b>ankerwand:</b>  | type             | AZ17                    |                    |             |                                    |
|                    | staalkwaliteit S | 240                     | top                | 1.85 m. NAP |                                    |
|                    | gewicht          | 108.6 kg/m <sup>2</sup> | teen               | 0.35 m. NAP |                                    |
|                    | systeemmaat      | 1.26 m                  | check: $h_2/h_1 =$ | 1.43        | => $\mu/\mu_0 = 0.992$ (fig. 4.74) |
| spanningscontrole: |                  | <b>ok.</b>              | overschrijding:    | -96%        | tolerantie: 0%                     |

|                    |              |            |                       |               |                |  |
|--------------------|--------------|------------|-----------------------|---------------|----------------|--|
| <b>gording:</b>    | type         | UNP        | aantal                | 2             |                |  |
|                    | maat         | 220        | => UNP220             | zijde:        | achter         |  |
|                    |              | S 355      |                       |               |                |  |
|                    | gewicht      | 61 kg/m'   | (incl. consoles e.d.) | extra gewicht | 0 kN           |  |
|                    | steunafstand | 3 * 1.26 = | 3.78 m.               | extra breedte | 0 m            |  |
| spanningscontrole: |              | <b>ok.</b> | overschrijding:       | -8%           | tolerantie: 0% |  |

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| totaal gewicht: | 224 kg/m' |
|-----------------|-----------|

| EVENWICHT ANKERWAND  |                      |                    |                                    |                      |                    |                            |                                    |                           |  |
|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|
| grenstoestand:       | BGT                  |                    | ankerwand:                         | AZ17                 |                    | top ankerwand:             | 1.85 m.+                           |                           |  |
| veiligheidsfactor:   | 1.50                 |                    | gording:                           | UNP220               |                    | nivo gording:              | 1.10 m.+                           |                           |  |
| $F_{s,a,d,h}$ =      | 58 kN/m'             |                    |                                    |                      |                    | teen ankerwand:            | 0.35 m.+                           |                           |  |
| $F_{s,a,d,v}$ =      | -7 kN/m'             |                    |                                    |                      |                    | hoek ankerwand $\alpha$ :  | 6.56 °                             |                           |  |
|                      |                      |                    |                                    |                      |                    | dieptefactor $\mu/\mu_0$ : | 0.992                              |                           |  |
|                      |                      |                    |                                    |                      |                    | verticaal evenwicht:       | ok.                                |                           |  |
|                      |                      |                    |                                    |                      |                    | resultante:                | 1.66 m.+                           |                           |  |
|                      |                      |                    |                                    |                      |                    | kantelgevaar?              | nee                                |                           |  |
|                      |                      |                    |                                    |                      |                    | <b>resultaat u.c. =</b>    | <b>1.91 <math>\geq</math> 1,00</b> |                           |  |
| AKTIEVE ZIJDE        |                      |                    |                                    |                      | PASSIEVE ZIJDE     |                            |                                    |                           |  |
| terreinbelasting q = | 10 kN/m <sup>2</sup> |                    | $\gamma_{water}$ =                 |                      |                    | terreinbelasting q =       | 0 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
| grondwaternivo       | 1.8 m.+              |                    |                                    | 10 kN/m <sup>3</sup> |                    | grondwaternivo             | 1.8 m.+                            |                           |  |
| LAAG 1. maaiveld     | 2.50 m.+             |                    | $\gamma_{droog}$ =                 | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | $\phi$ =                   | 32.5 °                             |                           |  |
| onderkant            | 1.85 m.+             |                    | $\gamma_{nat}$ =                   | 20 kN/m <sup>3</sup> |                    | C =                        | 0 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
|                      |                      |                    | $\alpha_a = \alpha_p$ =            | 0 °                  |                    |                            |                                    |                           |  |
| $\delta_{aktief}$    | $K_{\gamma,a,h}$     | $K_{C,a,h}$        | verticaal evenwicht laag 1:<br>ok. |                      |                    | $\delta_{passief}$         | $K_{\gamma,p,h}$                   | $K_{C,p,h}$               |  |
| 32.5                 | 0.23                 | -0.75              |                                    |                      |                    | 5.71                       | 3.96                               | 4.36                      |  |
| maaiveldfactor       | 1.00                 |                    |                                    |                      |                    | maaiveldfactor             | 1.00                               |                           |  |
| $F_{a,v}$ =          | 2 kN/m               |                    |                                    |                      |                    | $F_{p,v}$ =                | 2 kN/m                             |                           |  |
| LAAG 2. bovenkant    | 1.85 m.+             |                    | $\gamma_{droog}$ =                 | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | $\phi$ =                   | 32.5 °                             |                           |  |
| onderkant            | 1.10 m.+             |                    | $\gamma_{nat}$ =                   | 20 kN/m <sup>3</sup> |                    | C =                        | 0 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
| m.v.-factor          | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p$ =            | 0.0 °                |                    | $\alpha_p$ =               | 6.6 ° m.v.-factor 1.00             |                           |  |
| $\delta_{aktief}$ =  | 32.5 °               | $K_{\gamma,a,h}$ = | 0.23                               | $\delta_{passief}$ = | 7.96 °             | $K_{\gamma,p,h}$ =         | 5.13                               |                           |  |
| $K_{C,a,h}$ =        | -0.75                | $F_{a,v}$ =        | 3 kN/m                             | $K_{C,p,h}$ =        | 5.34               | $F_{p,v}$ =                | 3 kN/m                             |                           |  |
| LAAG 3. bovenkant    | 1.10 m.+             |                    | $\gamma_{droog}$ =                 | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | $\phi$ =                   | 22.5 °                             |                           |  |
| onderkant            | 0.85 m.+             |                    | $\gamma_{nat}$ =                   | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | C =                        | 5 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
| m.v.-factor          | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p$ =            | 6.6 °                |                    | m.v.-factor                | 1.00                               |                           |  |
| $\delta_{aktief}$ =  | 15.0 °               | $K_{\gamma,a,h}$ = | 0.35                               | $\delta_{passief}$ = | 5.51 °             | $K_{\gamma,p,h}$ =         | 2.86                               |                           |  |
| $K_{C,a,h}$ =        | -1.07                | $F_{a,v}$ =        | 3 kN/m                             | $K_{C,p,h}$ =        | 3.67               | $F_{p,v}$ =                | 3 kN/m                             |                           |  |
| LAAG 4. bovenkant    | 0.85 m.+             |                    | $\gamma_{droog}$ =                 | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | $\phi$ =                   | 22.5 °                             |                           |  |
| onderkant            | 0.60 m.+             |                    | $\gamma_{nat}$ =                   | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | C =                        | 5 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
| m.v.-factor          | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p$ =            | 6.6 °                |                    | m.v.-factor                | 1.00                               |                           |  |
| $\delta_{aktief}$ =  | 15.0 °               | $K_{\gamma,a,h}$ = | 0.35                               | $\delta_{passief}$ = | 5.51 °             | $K_{\gamma,p,h}$ =         | 2.86                               |                           |  |
| $K_{C,a,h}$ =        | -1.07                | $F_{a,v}$ =        | 4 kN/m                             | $K_{C,p,h}$ =        | 3.67               | $F_{p,v}$ =                | 2 kN/m                             |                           |  |
| LAAG 5. bovenkant    | 0.60 m.+             |                    | $\gamma_{droog}$ =                 | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | $\phi$ =                   | 22.5 °                             |                           |  |
| onderkant            | 0.35 m.+             |                    | $\gamma_{nat}$ =                   | 18 kN/m <sup>3</sup> |                    | C =                        | 5 kN/m <sup>2</sup>                |                           |  |
| m.v.-factor          | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p$ =            | 6.6 °                |                    | m.v.-factor                | 1.00                               |                           |  |
| $\delta_{aktief}$ =  | 15.0 °               | $K_{\gamma,a,h}$ = | 0.35                               | $\delta_{passief}$ = | 5.51 °             | $K_{\gamma,p,h}$ =         | 2.86                               |                           |  |
| $K_{C,a,h}$ =        | -1.07                | $F_{a,v}$ =        | 4 kN/m                             | $K_{C,p,h}$ =        | 3.67               | $F_{p,v}$ =                | 2 kN/m                             |                           |  |
| $\Sigma F_{a,h}$ =   |                      |                    | 9 kN/m                             |                      | $\Sigma F_{p,h}$ = |                            |                                    | 136 kN/m                  |  |
| $\Sigma F_{a,v}$ =   |                      |                    | 4 kN/m                             |                      | $\Sigma G$ =       | 5 kN/m                     |                                    | $\Sigma F_{p,v}$ = 2 kN/m |  |
| $Q_{gording,v}$      | 8 kN/m'              |                    | $\Sigma F_{water,h}$ =             |                      | 0 kN/m             |                            |                                    |                           |  |

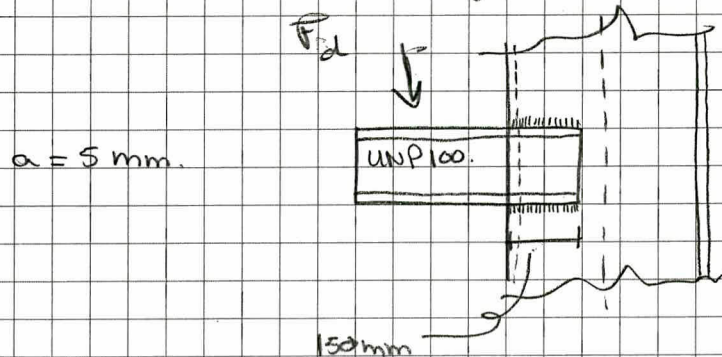
| EVENWICHT ANKERWAND        |                      |                    |                                    |                             |                           |                     |                   |
|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|
| grenstoestand:             | UGT                  |                    | ankerwand: <b>AZ17</b>             | top ankerwand:              | 1.85 m.+                  |                     |                   |
| veiligheidsklasse:         | 3 (CUR)              |                    | gording: <b>UNP220</b>             | nivo gording:               | 1.10 m.+                  |                     |                   |
| $F_{s,a,d,h} =$            | 82 kN/m'             |                    |                                    | teen ankerwand:             | 0.35 m.+                  |                     |                   |
| $F_{s,a,d,v} =$            | 0 kN/m'              |                    |                                    | hoek ankerwand $\alpha$ :   | 6.56 °                    |                     |                   |
|                            |                      |                    |                                    | dieptefactor $\mu/\mu_0$ :  | 0.992                     |                     |                   |
|                            |                      |                    |                                    | verticaal evenwicht:        | ok.                       |                     |                   |
|                            |                      |                    |                                    | resultante:                 | 1.33 m.+                  |                     |                   |
|                            |                      |                    |                                    | kantelgevaar?               | nee                       |                     |                   |
|                            |                      |                    |                                    | <b>resultaat u.c. =</b>     | <b>1.36 ≥ 1,00</b>        |                     |                   |
| AKTIEVE ZIJDE              |                      |                    |                                    | PASSIEVE ZIJDE              |                           |                     |                   |
| terreinbelasting q =       | 10 kN/m <sup>2</sup> |                    | $\gamma_{water} =$                 | terreinbelasting q =        | 0 kN/m <sup>2</sup>       |                     |                   |
| grondwaternivo             | 1.8 m.+              |                    | $10 \text{ kN/m}^3$                | grondwaternivo              | 1.8 m.+                   |                     |                   |
| LAAG 1. maaiveld           | 2.50 m.+             |                    | $\gamma_{droog} =$                 | $18 \text{ kN/m}^3$         | $\phi =$                  | 28.0 °              |                   |
| onderkant                  | 1.85 m.+             |                    | $\gamma_{nat} =$                   | $20 \text{ kN/m}^3$         | C =                       | 0 kN/m <sup>2</sup> |                   |
|                            |                      |                    | $\alpha_a = \alpha_p =$            | 0 °                         |                           |                     |                   |
| $\delta_{\text{aktief}}$   | $K_{\gamma,a,h}$     | $K_{C,a,h}$        | verticaal evenwicht laag 1:<br>ok. |                             | $\delta_{\text{passief}}$ | $K_{\gamma,p,h}$    | $K_{C,p,h}$       |
| 28.0                       | 0.28                 | -0.85              |                                    |                             | 6.90                      | 3.35                | 4.06              |
| maaiveldfactor             | 1.00                 |                    |                                    |                             | maaiveldfactor            | 1.00                |                   |
| $F_{a,v} =$                | 2 kN/m               |                    |                                    |                             | $F_{p,v} =$               | 2 kN/m              |                   |
| LAAG 2. bovenkant          | 1.85 m.+             |                    | $\gamma_{droog} =$                 | $18 \text{ kN/m}^3$         | $\phi =$                  | 28.0 °              |                   |
| onderkant                  | 1.10 m.+             |                    | $\gamma_{nat} =$                   | $20 \text{ kN/m}^3$         | C =                       | 0 kN/m <sup>2</sup> |                   |
| m.v.-factor                | 1.00                 |                    | $\alpha_a =$                       | 0.0 °                       |                           | $\alpha_p =$        | 6.6 ° m.v.-factor |
| $\delta_{\text{aktief}} =$ | 28.0 °               | $K_{\gamma,a,h} =$ | 0.28                               | $\delta_{\text{passief}} =$ | 12.10 °                   | $K_{\gamma,p,h} =$  | 4.63              |
| $K_{C,a,h} =$              | -0.85                | $F_{a,v} =$        | 3 kN/m                             | $K_{C,p,h} =$               | 5.38                      | $F_{p,v} =$         | 7 kN/m            |
| LAAG 3. bovenkant          | 1.10 m.+             |                    | $\gamma_{droog} =$                 | $18 \text{ kN/m}^3$         | $\phi =$                  | 19.0 °              |                   |
| onderkant                  | 0.85 m.+             |                    | $\gamma_{nat} =$                   | $18 \text{ kN/m}^3$         | C =                       | 6 kN/m <sup>2</sup> |                   |
| m.v.-factor                | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p =$            | 6.6 °                       |                           |                     |                   |
| $\delta_{\text{aktief}} =$ | 12.7 °               | $K_{\gamma,a,h} =$ | 0.41                               | $\delta_{\text{passief}} =$ | 8.24 °                    | $K_{\gamma,p,h} =$  | 2.61              |
| $K_{C,a,h} =$              | -1.17                | $F_{a,v} =$        | 3 kN/m                             | $K_{C,p,h} =$               | 3.62                      | $F_{p,v} =$         | 7 kN/m            |
| LAAG 4. bovenkant          | 0.85 m.+             |                    | $\gamma_{droog} =$                 | $18 \text{ kN/m}^3$         | $\phi =$                  | 19.0 °              |                   |
| onderkant                  | 0.60 m.+             |                    | $\gamma_{nat} =$                   | $18 \text{ kN/m}^3$         | C =                       | 6 kN/m <sup>2</sup> |                   |
| m.v.-factor                | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p =$            | 6.6 °                       |                           |                     |                   |
| $\delta_{\text{aktief}} =$ | 12.7 °               | $K_{\gamma,a,h} =$ | 0.41                               | $\delta_{\text{passief}} =$ | 8.24 °                    | $K_{\gamma,p,h} =$  | 2.61              |
| $K_{C,a,h} =$              | -1.17                | $F_{a,v} =$        | 4 kN/m                             | $K_{C,p,h} =$               | 3.62                      | $F_{p,v} =$         | 8 kN/m            |
| LAAG 5. bovenkant          | 0.60 m.+             |                    | $\gamma_{droog} =$                 | $18 \text{ kN/m}^3$         | $\phi =$                  | 19.0 °              |                   |
| onderkant                  | 0.35 m.+             |                    | $\gamma_{nat} =$                   | $18 \text{ kN/m}^3$         | C =                       | 6 kN/m <sup>2</sup> |                   |
| m.v.-factor                | 1.00                 |                    | $\alpha_a = \alpha_p =$            | 6.6 °                       |                           |                     |                   |
| $\delta_{\text{aktief}} =$ | 12.7 °               | $K_{\gamma,a,h} =$ | 0.41                               | $\delta_{\text{passief}} =$ | 8.24 °                    | $K_{\gamma,p,h} =$  | 2.61              |
| $K_{C,a,h} =$              | -1.17                | $F_{a,v} =$        | 4 kN/m                             | $K_{C,p,h} =$               | 3.62                      | $F_{p,v} =$         | 8 kN/m            |
| $\Sigma F_{a,h} =$         | 10 kN/m              |                    | $\Sigma G =$                       | 5 kN/m                      |                           | $\Sigma F_{p,h} =$  | 125 kN/m          |
| $\Sigma F_{a,v} =$         | 4 kN/m               |                    | $\Sigma F_{water,h} =$             | 0 kN/m                      |                           | $\Sigma F_{p,v} =$  | 8 kN/m            |
| $Q_{gording,v} =$          | 8 kN/m'              |                    |                                    |                             |                           |                     |                   |

**SPANNINGSCONTROLE WAND EN GORDING**

(volgens EAU 1990 en CUR 166)

|                           |  |                           |   |
|---------------------------|--|---------------------------|---|
| Rekenwaarden ankerkracht: | $F_{A,max,h} =$  | 39 kN/m'                  | (BGT)   |
|                           | $F_{s,A,d,h} =$  | 82 kN/m'                  | (UGT)   |
| <b>Systeemmaten:</b>      | horizontaal  | 3.78 m.                   | (ankerafstand)  |
|                           | verticaal  | 3.78 m.                   | (afstand consoles)  |
| <b>ANKERWAND:</b>         | type   | <b>AZ17</b>               | Z-plank   |
|                           | hoogte H   | 0.75 m.                   | boven het anker   |
|                           | scheve buiging   | 1.00                      | (CUR 166, 3° druk; 3.3.2)   |
|                           | $W_{effectief}$  | 1665 cm <sup>3</sup>      |   |
|                           | gewicht  | 108.6 kg/m <sup>2</sup>   |   |
|                           | breedte  | 2.52 m.                   | (dubbele planken)   |
|                           | contactvlak:   | 350 mm                    |   |
|                           | $\sigma_{vloei}$   | 240 N/mm <sup>2</sup>     |   |
| tolerantie:               | toetsing   | CUR166                    |   |
| 0%                        |  |                           | $M_d = F_{s,A,d} * H/2 = 15 \text{ kNm}$<br>$F_{s,A,d,h} = 82 \text{ kN/m'}$<br>$\sigma_{d,max} = 9 \text{ N/mm}^2 \text{ ok.}$ |
| <b>GORDING:</b>           | type   | <b>UNP220</b>             | (dubbel)  |
|                           | gewicht  | 61 kg/m'                  | (incl. consoles e.d.)   |
|                           | hoogte   | 220 mm                    |   |
|                           | breedte  | 80 mm                     | $\sigma_{vloei} = 355 \text{ N/mm}^2$   |
|                           | flensdikte   | 13 mm                     | factor = 1.00 voor onvoorziene effecten   |
|                           | lijfdikte  | 9 mm                      | $\sigma_{d, toelaatbaar} = 355 \text{ N/mm}^2$  |
|                           | $W_{x,el}$   | 490 cm <sup>3</sup>       |   |
|                           | $W_{x,pl}$   | 584 cm <sup>3</sup>       | (alleen voor combi 3)   |
|                           | $W_y$  | 67 cm <sup>3</sup>        | veld: eind  |
|                           | lastspreiding  | 570 mm                    | $\Rightarrow M_{max} = 0.100 F_{s,A,d} L^2$   |
| combinaties:              | 1  | 2                         | 3   |
| hor.                      | 100%   | 50%                       | 100%  |
| vert.                     | 50%  | 100%                      | 20%   |
|                           | 150%   | 150%                      | 120%  |
|                           | bij combi 3 (uitval van één anker) geldt:                    |                           |   |
|                           | $L = 7.56 \text{ m}$   |                           |   |
|                           | $F_{s,A,d} = F_{A,max,BGT} = 39 \text{ kN/m'}$               |                           |   |
|                           | $M_{max} = 0.063 F_{s,A,d} L^2 \leq W_{pl} * \sigma_{vloei}$ |                           |   |
|                           | momenten   | $M_{d,horizontaal} = 117$ | 139 kNm   |
|                           |  | $M_{d,verticaal} = 11.6$  | 11.6 kNm  |
|                           | horizontaal  | $\sigma_{d,max} = 239$    | 239 N/mm <sup>2</sup>   |
|                           |  | $\tau_{d,max} = 7$        | 7 N/mm <sup>2</sup>   |
|                           | verticaal  | $\sigma_{d,max} = 173$    | 173 N/mm <sup>2</sup>   |
|                           |  | $\tau_{d,max} = 5$        | 5 N/mm <sup>2</sup>   |
|                           | combinaties:   | 1                         | 2   |
|                           | gecombineerd: $\epsilon$                                     | $\sigma_d = 325$          | 292   |
|                           |  | $\tau_d = 10$             | 8   |
|                           |  | 273                       | 273 N/mm <sup>2</sup>   |
|                           |  | 8                         | 8 N/mm <sup>2</sup>   |
| tolerantie:               | <b>vergelijkingsspanning <math>\sigma_{c,d} =</math></b>     | <b>325</b>                | <b>292</b>  |
| 0%                        | $\sigma_{c,d} \leq 1,2 \sigma_{d,toelaatbaar}$               | <b>ok.</b>                | <b>ok.</b>  |

Schema lasverbinding:



Uit ontwerp console volgt  $F_d = 3,78 \times 28,91 = 110 \text{ kN}$

Excentriciteit =  $e = 0,5 \times h_{\text{unp220}} + 10 \text{ mm} + 0,5 \times \text{luslengte} = 225 \text{ mm}$   
 ↳ afwijkingen in damwand

$$M_d = 0,225 \times 110 = 24,75 \text{ kNm}$$

Spanning t.g.v. afschuiving:  $\sigma_1 = \frac{110 \times 10^3}{2 \times 150 \times 5} = 73,3 \text{ N/mm}^2$

Spanning t.g.v. moment:  $F = \frac{25}{0,1} = 250 \text{ kN}$

$$\tau_2 = \frac{250 \times 10^3}{2 \times 150 \times 5} = 167 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{combinatie spanning} = \sigma_{\text{wvd}} &= \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_2^2}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{73,3^2 + 3 \times 167^2}}{\sqrt{3}} = \\ &= \frac{298}{\sqrt{3}} = 172 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Eis:  $\sigma_{\text{wvd}} \leq f_{\text{wvd}} \rightarrow 172 \leq 207 \rightarrow \text{voldoet}$

Datum: 12-2-2009

Project: Zeevering  
 Damwand Flauwersluis  
 Lasverbinding consoles.

Blad nr.:

1  
 Bijlage D.

# BIJLAGE E

## UITVOER BEREKENING BETONNEN DEKSLOOF

WZPZ: 0900304-ONTWERP DAMWAND FLAAUWERSHAVEN-095444-1A



**Eenvoudige wapeningsberekening balk**

(update: 39675)

Project: WZPZ

Onderdeel: betonsloof

Doorsnede: dp127

Uitgangspunten: Op basis van tabellen GTB 1990 - 11.2.a en 14.5.b

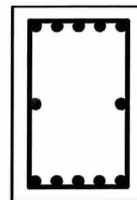
Niet-gedrongen ligger

Eén gesloten beugel (buitenste)

Dwarskracht werkt verticaal

Foutmelding bij:

1.0% overschrijding



|                    |                                 |                               |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Betonkwaliteit B35 | $f_{ck} = 35$ N/mm <sup>2</sup> | $f'_b = 21$ N/mm <sup>2</sup> |
| milieuclassse 4    | $k_1 = 2500$                    | $f_b = 1.4$ N/mm <sup>2</sup> |
|                    | $k_2 = 500$                     |                               |
|                    | $k_3 = 40000$                   |                               |

|           |                      |                         |
|-----------|----------------------|-------------------------|
| Dimensies | $h = 600$ mm         | $C_{min,boven} = 35$ mm |
|           | $b_{boven} = 350$ mm | $C_{min,onder} = 35$ mm |
|           | $b_{onder} = 350$ mm | $C_{min,flank} = 35$ mm |

| Wapening | diameters | aantal | dekking | $A_s$                   | $\emptyset_{km}$ | s  | b      | d   | $f_s$             | $\omega_0$ |
|----------|-----------|--------|---------|-------------------------|------------------|----|--------|-----|-------------------|------------|
|          | mm        |        | mm      | mm <sup>2</sup>         | mm               | mm | mm     | mm  | N/mm <sup>2</sup> |            |
| boven    | 20        | 5      | 40      | 1571                    | 20.0             | 70 | 350    | 538 | 435               | 0.834%     |
| onder    | 20        | 5      | 40      | 1571                    | 20               | 70 | 350    | 538 | 435               | 0.834%     |
| flank    | 10        | 2      | 40      | 157                     | 10               |    |        |     | 435               |            |
| beugels  | 12        | 2      |         | 754 mm <sup>2</sup> /m' |                  |    | 300 mm |     | 435               |            |

|                             |                                  |   |   |
|-----------------------------|----------------------------------|---|---|
| Parameters van de doorsnede | $A_e = 0.131$ E6 mm <sup>2</sup> | $W_{t,min} = 18.148$ E6 mm <sup>3</sup> | $W = 21$ E6 mm <sup>3</sup>                 |
|                             | $O_e = 1532$ mm                  | $k_n = 1.00$                            | totale hoef. wapening 153 kg/m <sup>3</sup> |

|                 |                     |  |  |   |                          |
|-----------------|---------------------|--|--|---|--------------------------|
| <b>Boven</b>    | <u>belastingen:</u> | $M_{rep} = 61.3$ kNm   | $M_d/(bd^2) = 2420$                                  | $\omega_0 = 0.594\%$                                    | (GTB 1990 - 11.2.a)      |
| $\gamma = 4.00$ |                     | $M_d = 245$ kNm  | $M_u = 367$ kNm                                      | $\omega_{0,min} = 0.180\%$                              | (GTB 1990 - 14.5.b)      |
|                 |                     | $N_{rep} = 1$ kN   |  | $A_{s,M} = b*d*\omega_0 = 1119$ mm <sup>2</sup>         |                          |
|                 |                     | $N_d = 1$ kN   | $\sigma_{bmd} = N_d/(b*h) = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>  | $A_{s,N} = N_d/f_s*(b/O) = 0$ mm <sup>2</sup>           |                          |
|                 |                     | $T_d = 1$ kNm  | $\tau_{sT} = T_d/W_{t,min} = 0.06$ N/mm <sup>2</sup> | $\min(1,25*\Sigma A_s/(bd)) ; \omega_{0,min} = 0.180\%$ |                          |
|                 |                     | $V_d = 158$ kNm  |  | $A_{s,min} = 339$ mm <sup>2</sup>                       |                          |
|                 | <u>toetsing:</u>    | $A_{s,IT} = (\tau_{dT} - \tau_n) * O_e * W_t / (2 * A_e * f_s) * (b/O) = 2$ mm <sup>2</sup>    |  |   | torsiewap. is nodig      |
|                 | scheurpatroon:      | $M_r = W * (2 * f_b - \sigma_{bmd,rep}) = 58.688$ kNm  | $\leq M_{rep}$                                       |   | volledig scheurenpatroon |
|                 | sterkte:            | $A_{s,ben} = \max(A_{s,M} + A_{s,N}; A_{s,min}) + A_{s,T} = 1122$ mm <sup>2</sup>              | $\leq 1571$ mm <sup>2</sup>                          |   | ok.                      |
|                 | scheurwijdte:       | $\sigma_{s,rep} = f_s / \gamma * (A_{s,M} + A_{s,N}) / (A_s - A_{s,T}) = 78$ N/mm <sup>2</sup> | $m_1 = 1.00$   | $k_e = 1.00$  | ok.                      |
|                 |                     | $s \leq 100 * (k_2 / \sigma_s - 1,3) * k_{cs} * \gamma * m_1 * k_e = 549$ mm                   | $k_{c,s} = 1.07$                                     |   | bij onvolledig patroon:  |
|                 |                     | of $d \leq k_1 / \sigma_s * k_{cd} = 36.8$ mm  | $k_{c,d} = 1.14$                                     |   | $d \leq$ n.v.t.          |

|                 |                     |   |   |                                   |                                 |
|-----------------|---------------------|---|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Onder</b>    | <u>belastingen:</u> | $M_{rep} = 61.3$ kNm                    | $M_d/(bd^2) = 2420$                     | $\omega_{0,M} = 0.594\%$          |                                 |
| $\gamma = 4.00$ |                     | $M_d = 245$ kNm                         | $M_u = 367$ kNm                         | $\omega_{0,min} = 0.180\%$        |                                 |
|                 |                     | $N_{rep} = 1$ kN                        |   | $A_{s,M} = 1119$ mm <sup>2</sup>  | $k_{c,d} = 1.14$                |
|                 |                     | $N_d = 1$ kN                            | $\sigma_{bmd} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> | $A_{s,N} = 0$ mm <sup>2</sup>     | $k_{c,s} = 1.07$                |
|                 |                     | $T_d = 1$ kNm                           | $\tau_{dT} = 0.06$ N/mm <sup>2</sup>    | $A_{s,min} = 339$ mm <sup>2</sup> |                                 |
|                 |                     | $V_d = 158$ kNm                         | $A_{s,IT} = 2$ mm <sup>2</sup>          | is nodig                          | $M_r = 58.7$ kNm $\leq M_{rep}$ |
|                 | <u>toetsing:</u>    | $A_{s,ben} = 1122$ mm <sup>2</sup>      | $< 1571$ mm <sup>2</sup>                | ok.                               |                                 |
|                 |                     | $\sigma_{s,rep} = 78$ N/mm <sup>2</sup> | $s \leq 112462$ mm                      | of $d \leq 36.8$ mm               | ok.                             |

|                     |   |   |  |   |
|---------------------|---|---|--|---|
| <b>Beugels</b>      | <u>belastingen:</u>   | $V_d = 158$ kN  | $\tau_{dV} = V_d / (b*d) = 0.84$ N/mm <sup>2</sup>                                 |   |
|                     |   | $T_d = 1$ kNm   | $\tau_{dT} = 0.06$ N/mm <sup>2</sup>   |   |
|                     |   | $N_d = 0$ kN  | $\sigma'_{bmd} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>   | $\tau_n = 0.50 * \sigma_{bmd} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> |
| hoek beugels:       | $\alpha = 90^\circ$   |   | $\tau_{1V} = 0,4 * f_b * k_n * (\omega_0)^{1/3} - \tau_n = 0.56$ N/mm <sup>2</sup> |   |
| hoek drukdiagonaal: | $\theta = 45^\circ$   |   | $\tau_{dV} - \tau_{1V} = 0.28$ N/mm <sup>2</sup>                                   |   |
| verticale zijde:    | $W_t = 18.148$ E6 mm <sup>3</sup>   | $A_{sV} \geq b * (\tau_{dV} - \tau_1) / (0,9 * f_s * \sin \alpha * (\cot \theta + \cot \alpha)) = 250$ mm <sup>2</sup> /m |  |   |
| <u>toetsing:</u>    | $\tau_{1T} = 0,3 * f_b - \tau_n = 0.42$ N/mm <sup>2</sup>   | $k_n = \min(1,5/3 * (1 - \sigma'_{bmd} / f_b)) = 1.00$  |  |   |
|                     | $\tau_{dT} / \tau_{1T} + \tau_{dV} / \tau_{1V} = 1.6296 > 1$  | wringwapening nodig   |  |   |
|                     | $\tau_2 = 0,2 * f_b * k_n = 4.20$ N/mm <sup>2</sup>   | $> \tau_{dT} + \tau_{dV} = 0.89$ N/mm <sup>2</sup>  |  | ok.   |
| buitenste beugel:   | $A_{sbT} \geq (\tau_{sT} - \tau_n) * s * W_t / (2 * A_e * f_s * \cotan \theta) = 2.6$ mm <sup>2</sup> | $\Rightarrow d \geq 1.83$ mm  |  | ok.   |
| totaal:             | $A_s \geq A_{sV} + 2 * A_{sbT} * (1000/s) = 267$ mm <sup>2</sup> /m                                   | $< 754$ mm <sup>2</sup> /m  |  | ok.   |

|              |                     |               |  |  |
|--------------|---------------------|---------------|--|--|
| <b>Flank</b> | <u>belastingen:</u> | $T_d = 1$ kNm | <u>toetsing:</u>                                   | $A_{s,IT} = (\tau_{dT} - \tau_n) * O_e * W_t / (2 * A_e * f_s) * (2h/O) = 8$ mm <sup>2</sup> |
|              |                     | $N_d = 0$ kN  | $A_{s,N} = N_d / f_s * (2h/O) = 0$ mm <sup>2</sup> | $\Sigma A_s = 8$ mm <sup>2</sup> ok.   |

$$\text{Ankerkracht} = F_{d,\max} = 1,1 \times 75 = 82,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Excentriciteit} = 2,30 - 2,20 = 0,10 \text{ m}$$

$$\Rightarrow T_d = 82,5 \times 0,1 = 8,25 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Armsterkeinder} = h_{A226} - 2 \times t_{A226} = 427 - 2 \times 13 = 401 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow F_{d,\text{stels}} = \frac{8,25}{0,401} = 20,6 \text{ kN}$$

$$\text{Eis} = \sigma_d \leq f_y \Rightarrow A_s \geq \frac{F_{d,\max}}{f_y} = \frac{20,6 \times 10^3}{235} = 87,7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Per plank geldt dan: } A_s = \frac{87,7}{0,63} = 139 \text{ mm}^2 \approx 140 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kenze stekken} \rightarrow 2 \phi 10 = 157 \text{ mm}^2$$

Controle lasverbinding stek  $\rightarrow$  damwand:

$$\left. \begin{array}{l} \text{laslengte} = 50 \text{ mm} \\ \text{lasdikte} = 4 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{effectief oppervlak} = 2 \times 50 \times 4 = 400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{wsl}} = \frac{20,6 \times 10^3}{400} = 52 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\text{wud}} = 0,46 \times \frac{f_{td}}{\beta} = 0,46 \times \frac{360}{0,8} = 207 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{eis } \sigma_{\text{wsl}} \leq f_{\text{wud}} \rightarrow 52 \leq 207 \rightarrow \text{voldoet}$$

Datum: 12-02-2008

Project: Zeewering  
Damwand Fkammerhaven  
Berekening stelkeinder.

Blad nr.:

1

Bylage E

Bepalen verankeringslengte in beton:  
 volgens §9.6 NEN 67201

$$l_{vo} = \alpha_1 \times \phi_k \times \frac{f_s}{\sqrt{f_{td}}} =$$

met  $\alpha_1 = 0,80 \left(1 - 0,1 \frac{f}{\phi_k}\right) \leq 0,48$ : voor glad staal.

$$= 0,80 \left(1 - 0,1 \frac{40}{10}\right) = 0,48 < 0,48 \Rightarrow 0,48$$

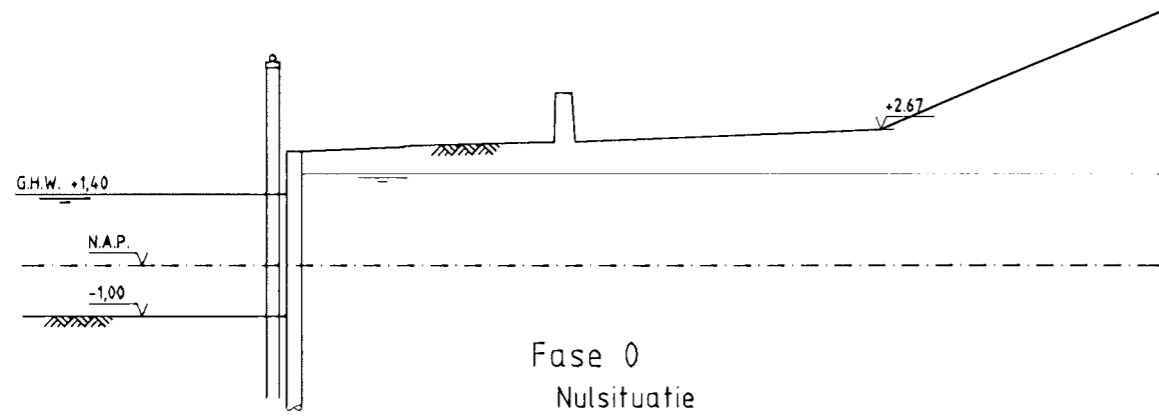
$$l_{vo} = 0,48 \times 10 \times \frac{235}{\sqrt{21}} = 246 \text{ mm.}$$

Datum: 12-02-2008.

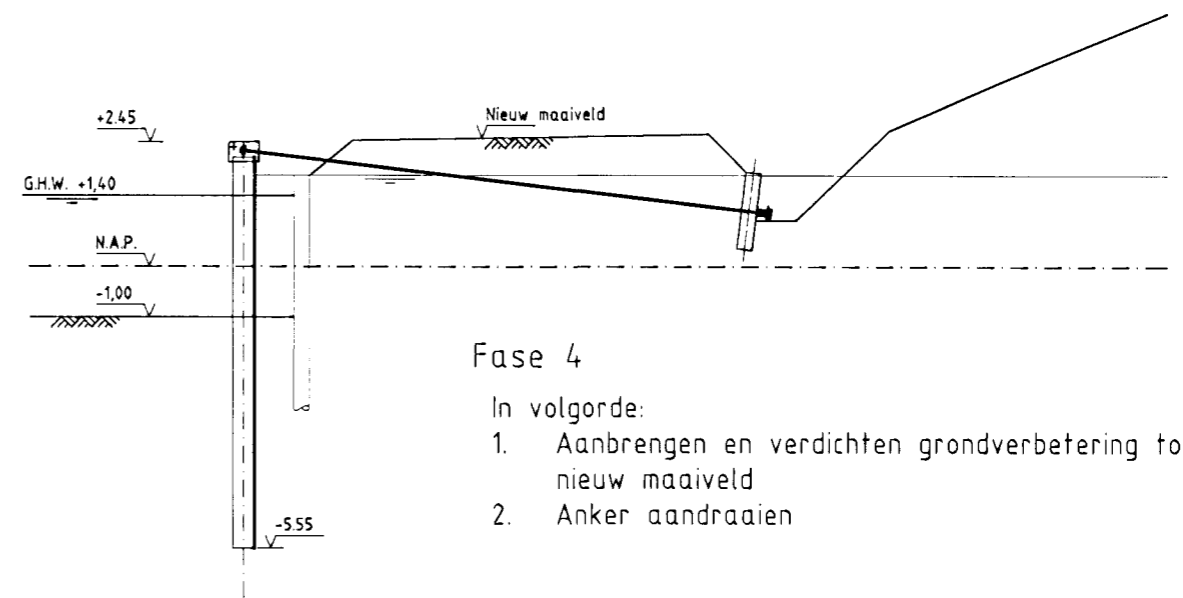
Project: Zeekering  
 Damwand Flaauweeshaven  
 Berekening steekende.

Blad nr.: 2.

Bylage E.



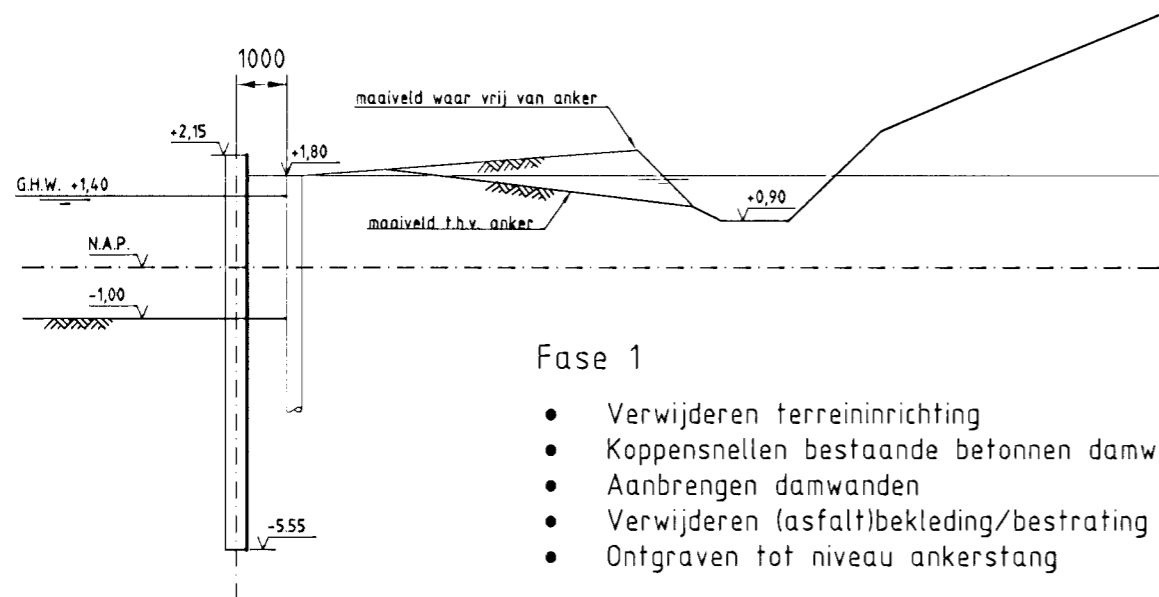
Fase 0  
Nulsituatie



Fase 4

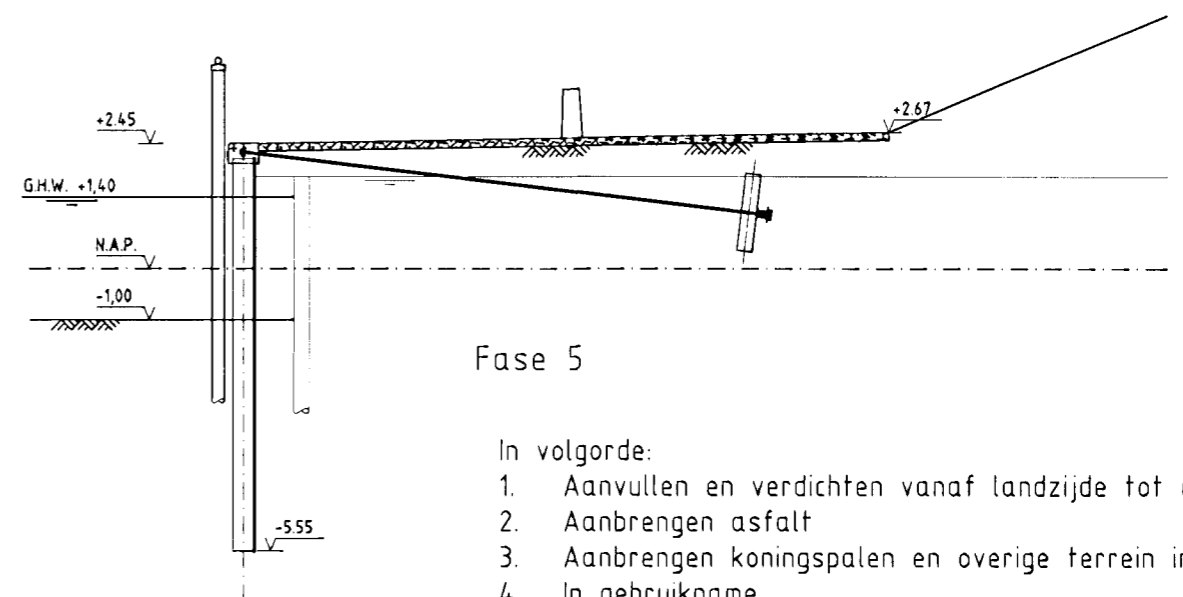
In volgorde:

1. Aanbrengen en verdichten grondverbetering tot nieuw maaiveld
2. Anker aandraaien



Fase 1

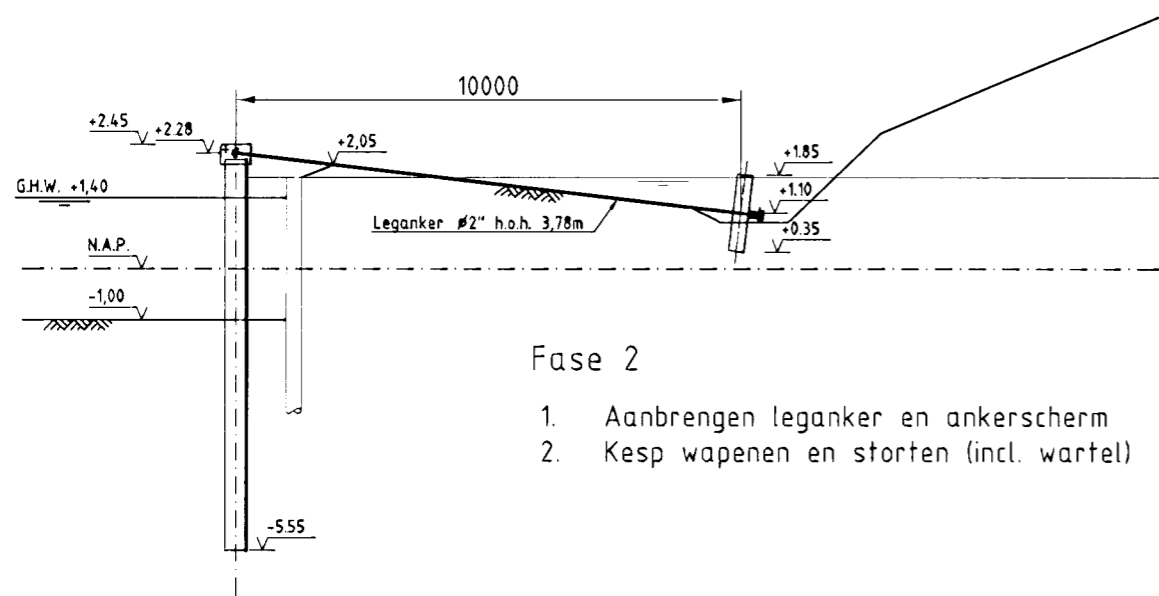
- Verwijderen terreininrichting
- Koppensnellen bestaande betonnen damwand
- Aanbrengen damwanden
- Verwijderen (asfalt)bekleding/bestrating
- Ontgraven tot niveau ankerstang



Fase 5

In volgorde:

1. Aanvullen en verdichten vanaf landzijde tot damwand.
2. Aanbrengen asfalt
3. Aanbrengen koningspalen en overige terrein inrichting.
4. In gebruikname



Fase 2

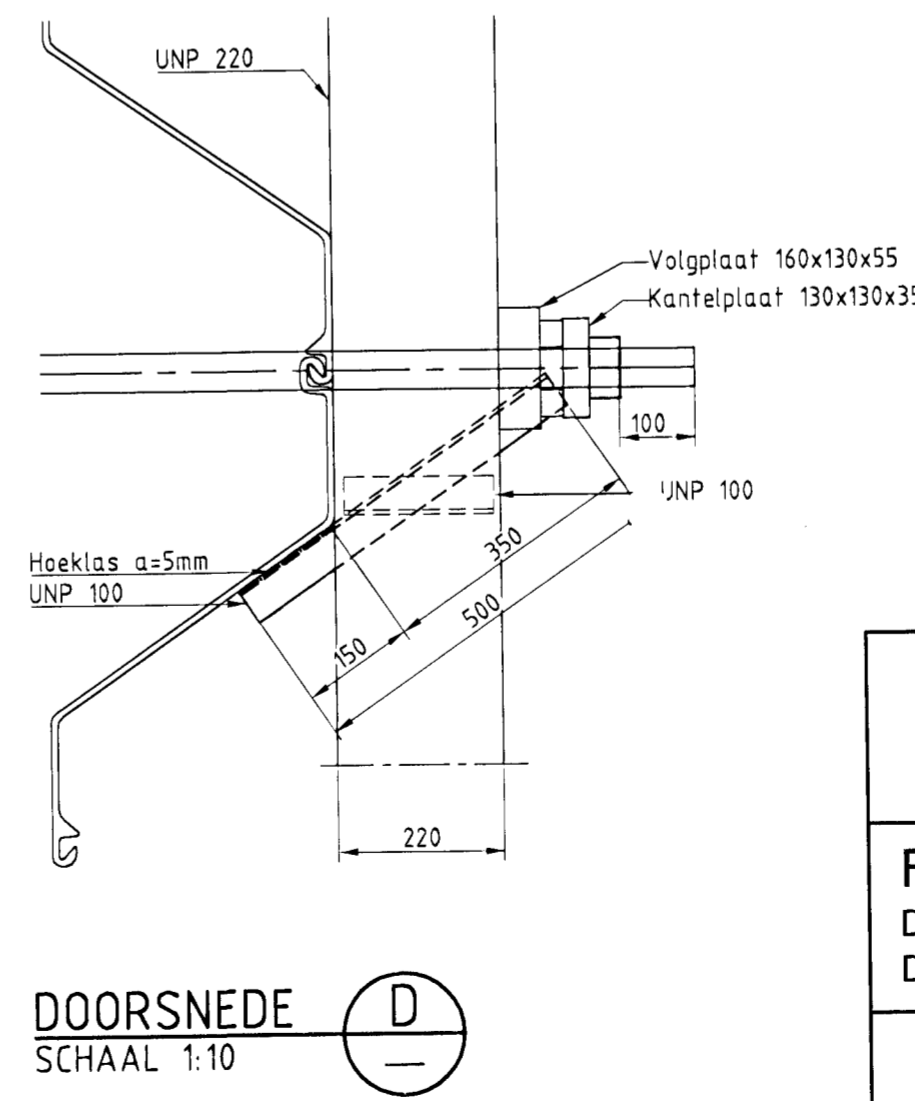
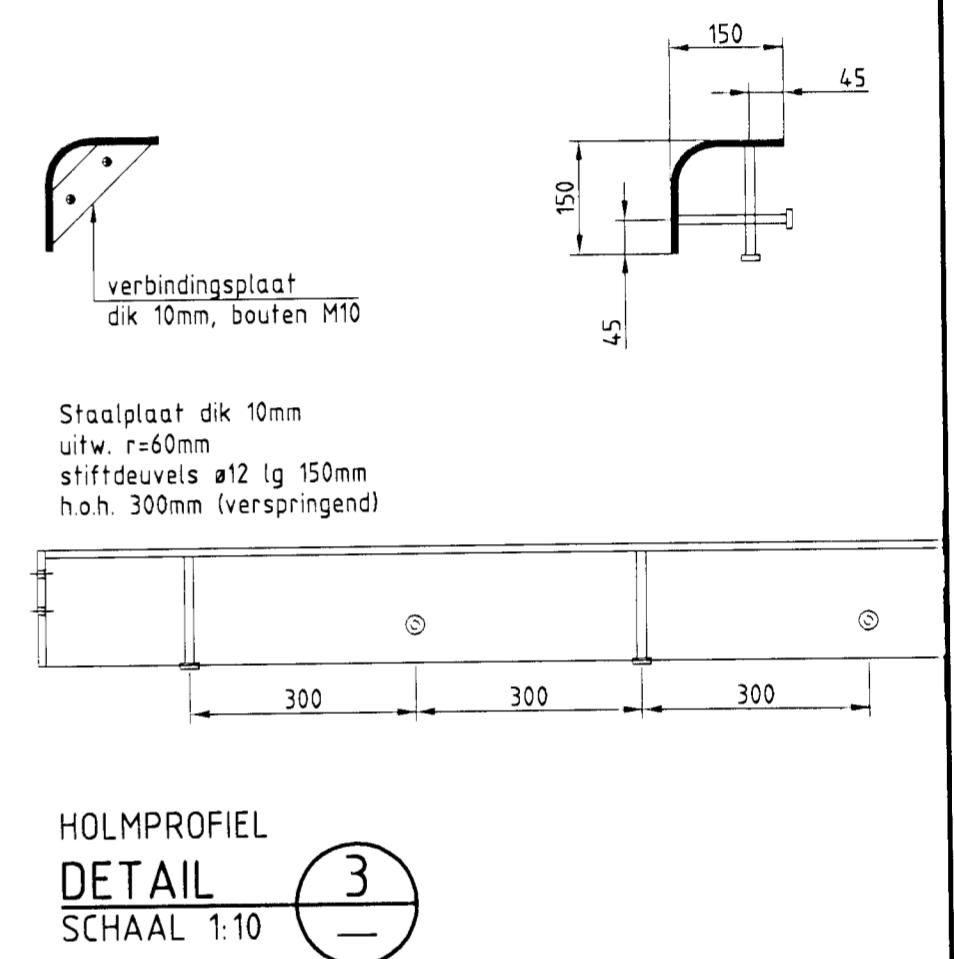
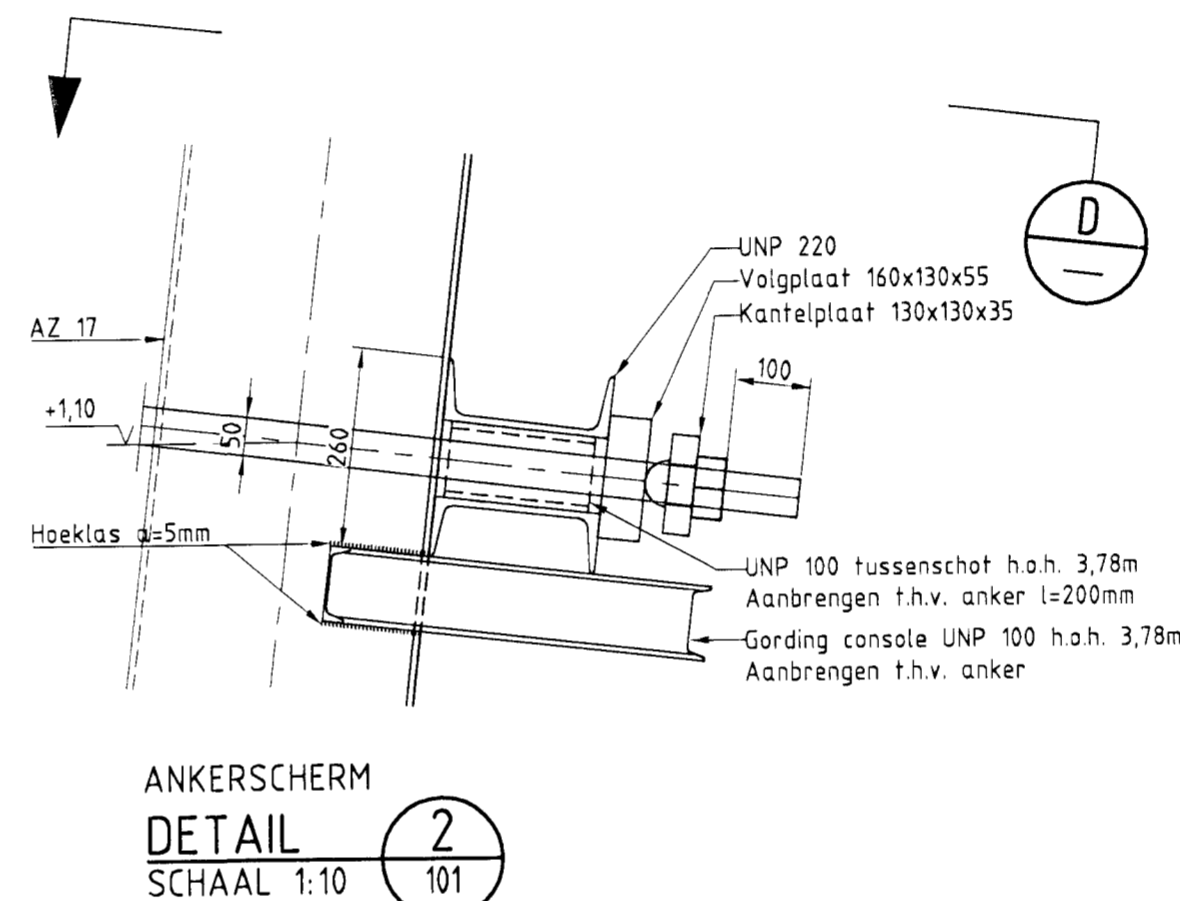
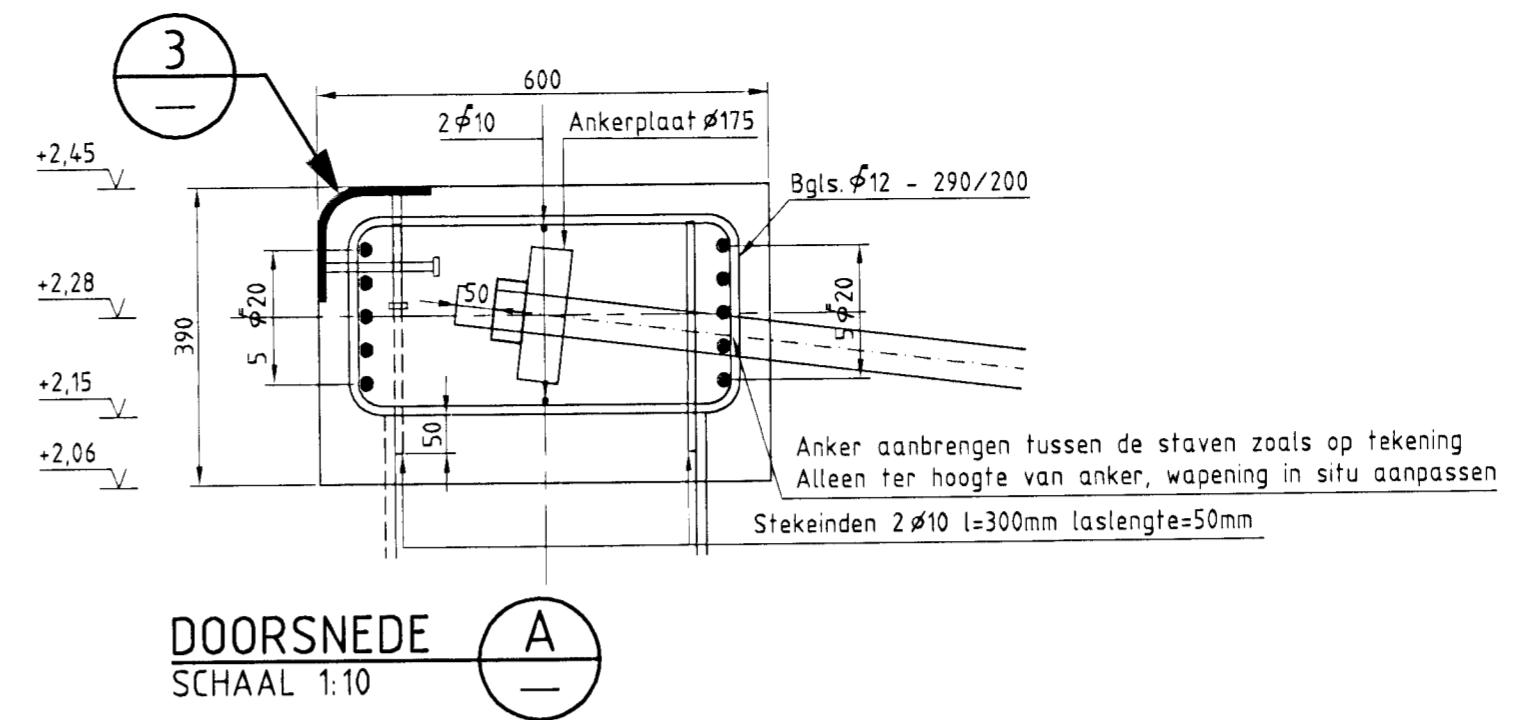
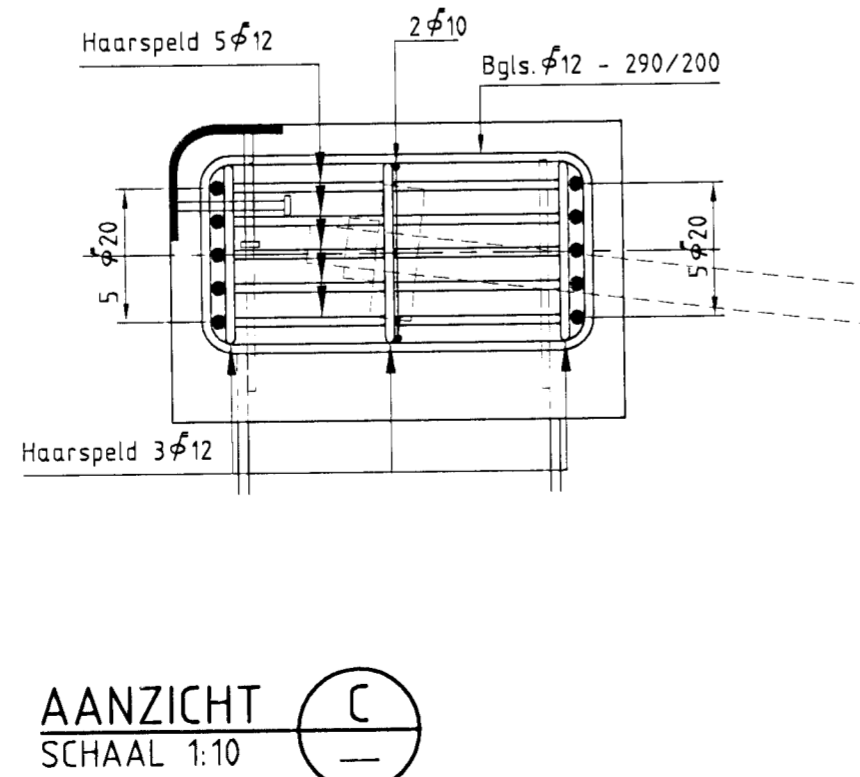
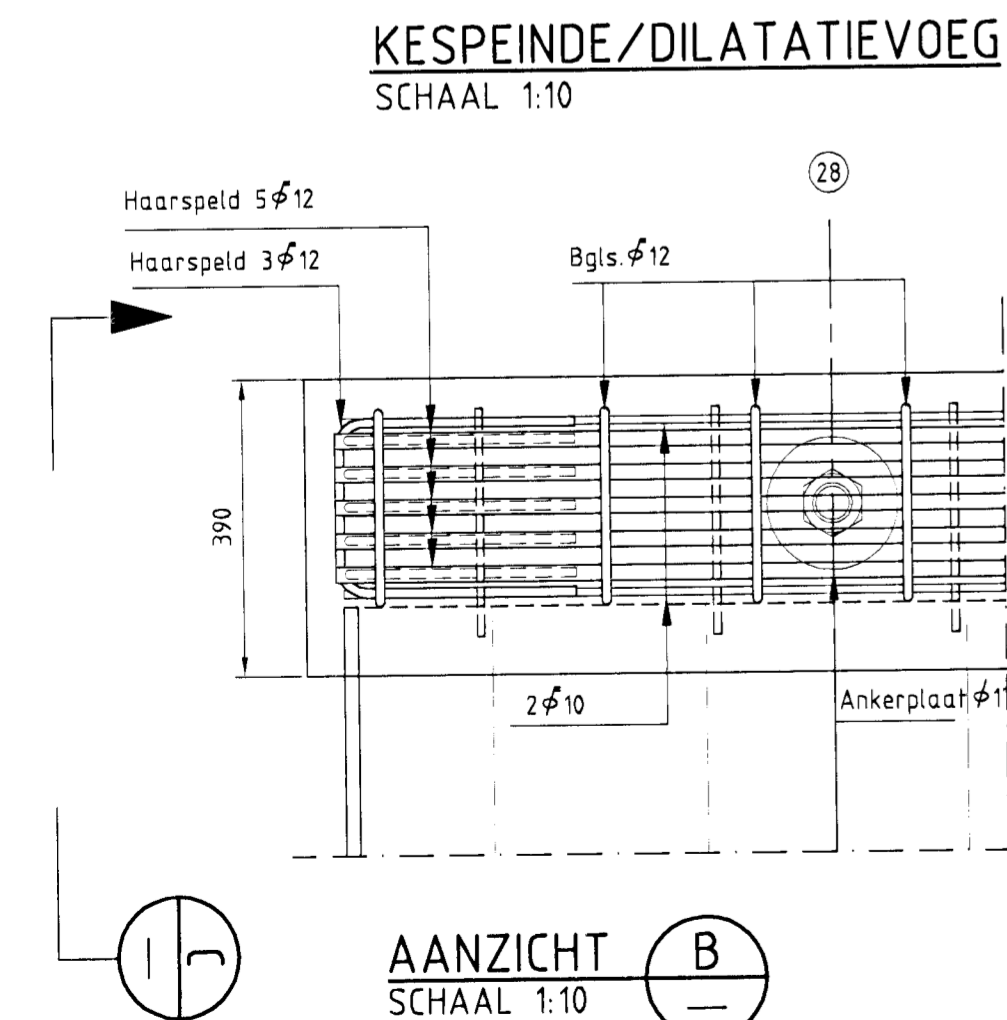
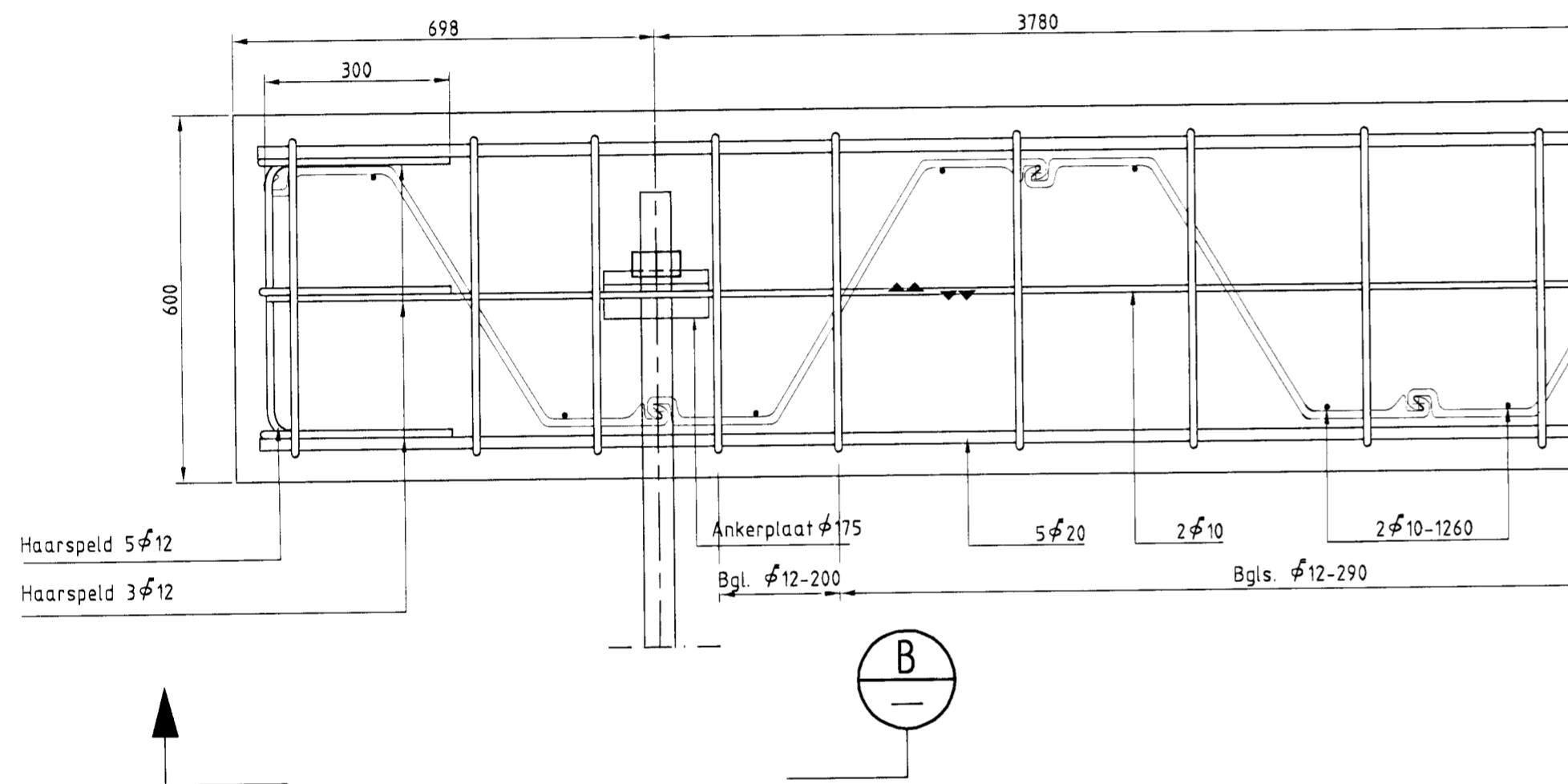
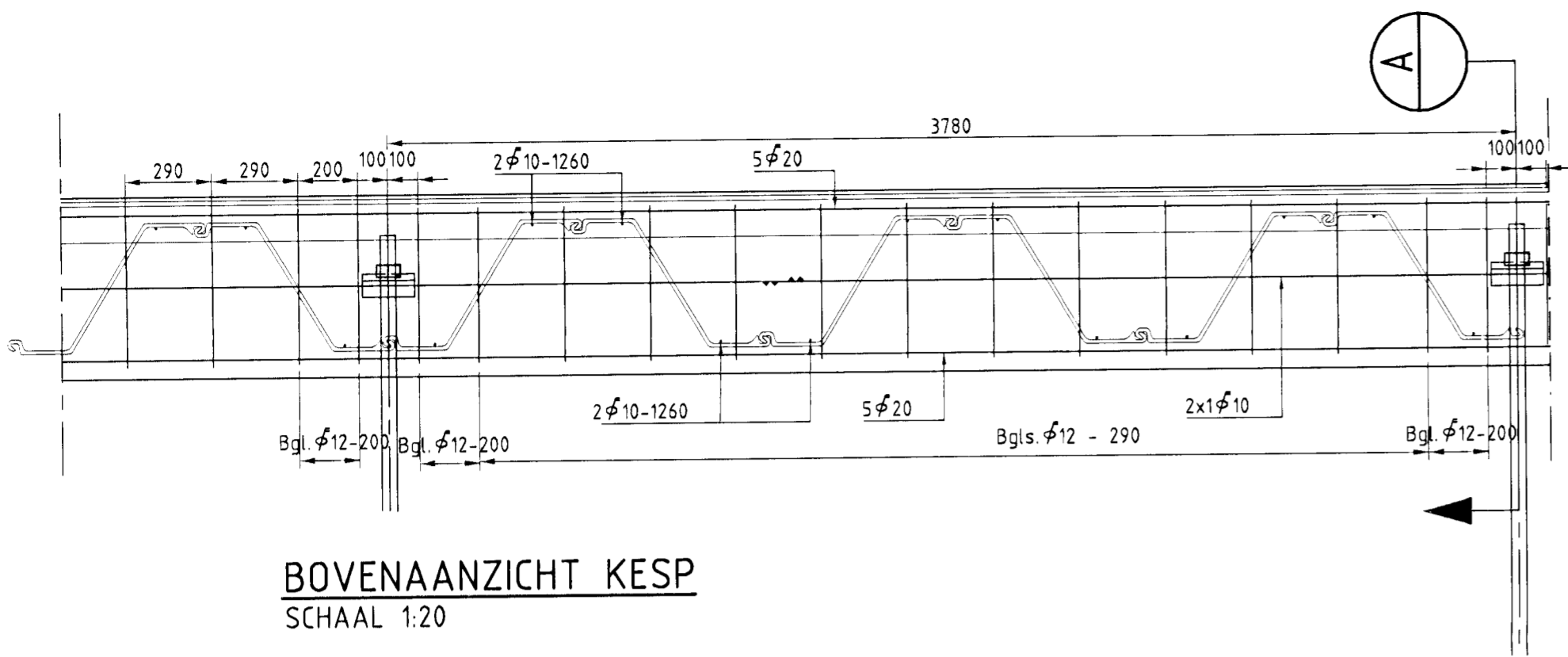
1. Aanbrengen leganker en ankerscherm
2. Kesp wapenen en storten (incl. wartel)

## Toelichting :

Bijbehorende tekeningen :

WZPZ-00-T-13-101

|  |       |                     |  |   |      |
|--|-------|---------------------|--|---|------|
| rijkswaterstaat<br>zeeland   |       | -                   | -  | - | -    |
| Rev.   | Datum | Omschrijving        |  |   | Get. |
| Flaauwershaven<br>Damwand ontwerp<br>Faseringen  |       |                     |  |   |      |
| <b>Lieveense</b><br>Tel. +31(0)76-522 50 22 Fax +31(0)76-522 30 26<br>www.lieveense.com info@lieveense.com |       | Form.<br>297<br>420 | Schalen : 1:150<br>Getekend : RD<br>Gezien : EF Datum : 02-03-09 |   |      |
| Tek.nr. WZPZ-00-T-13-201   |       | Rev. 1              |  |   |      |

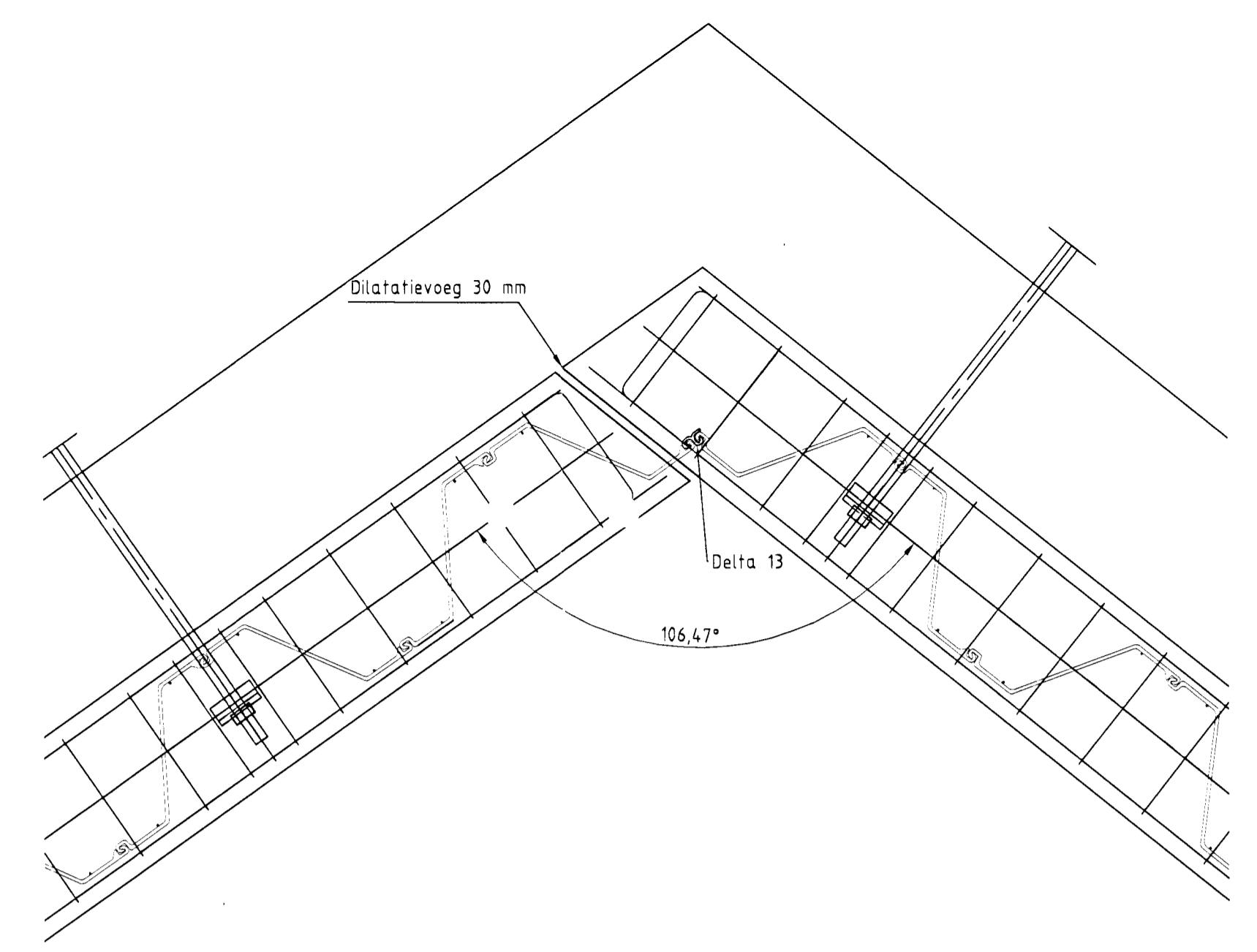
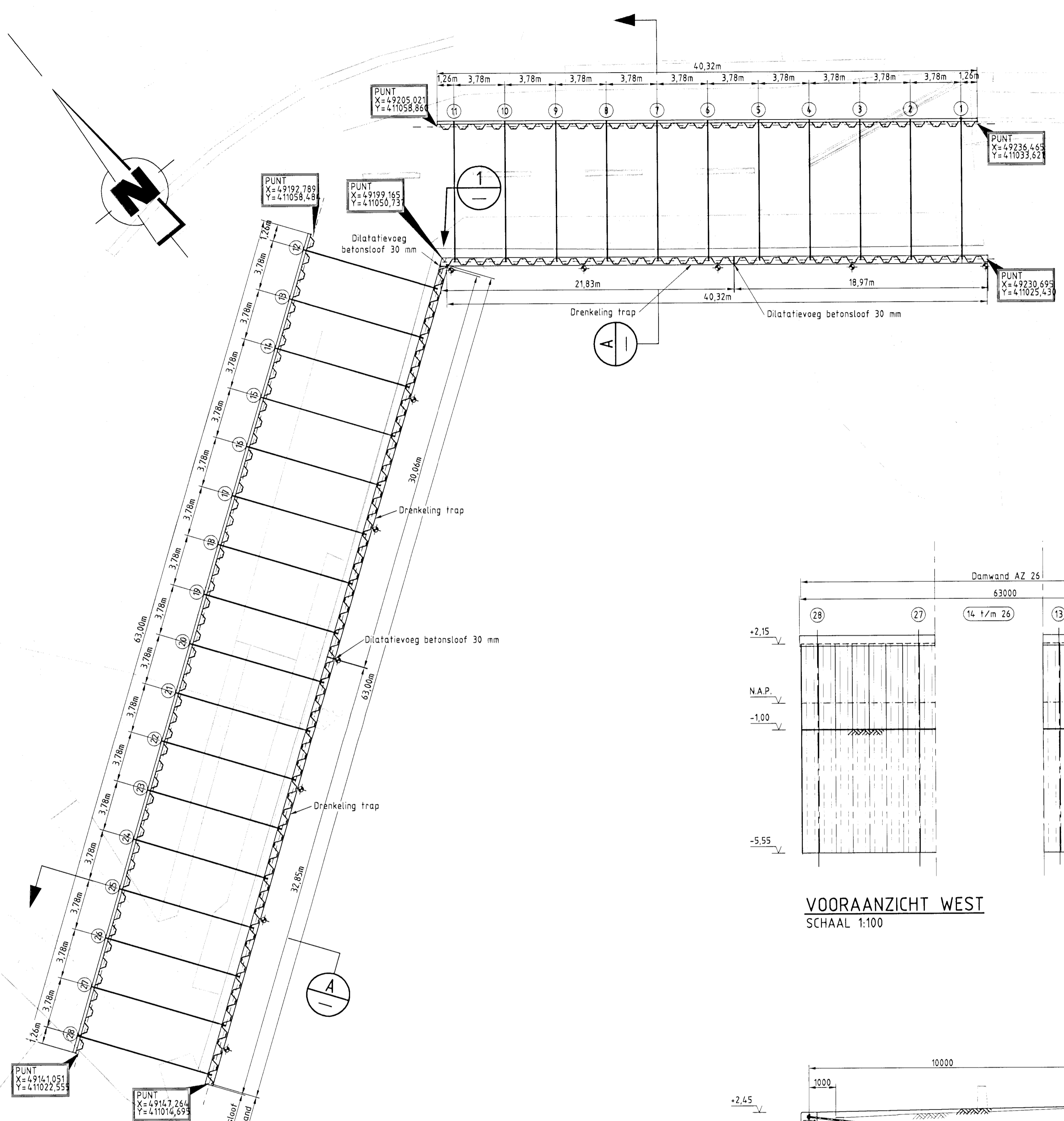


**Toelichting :**

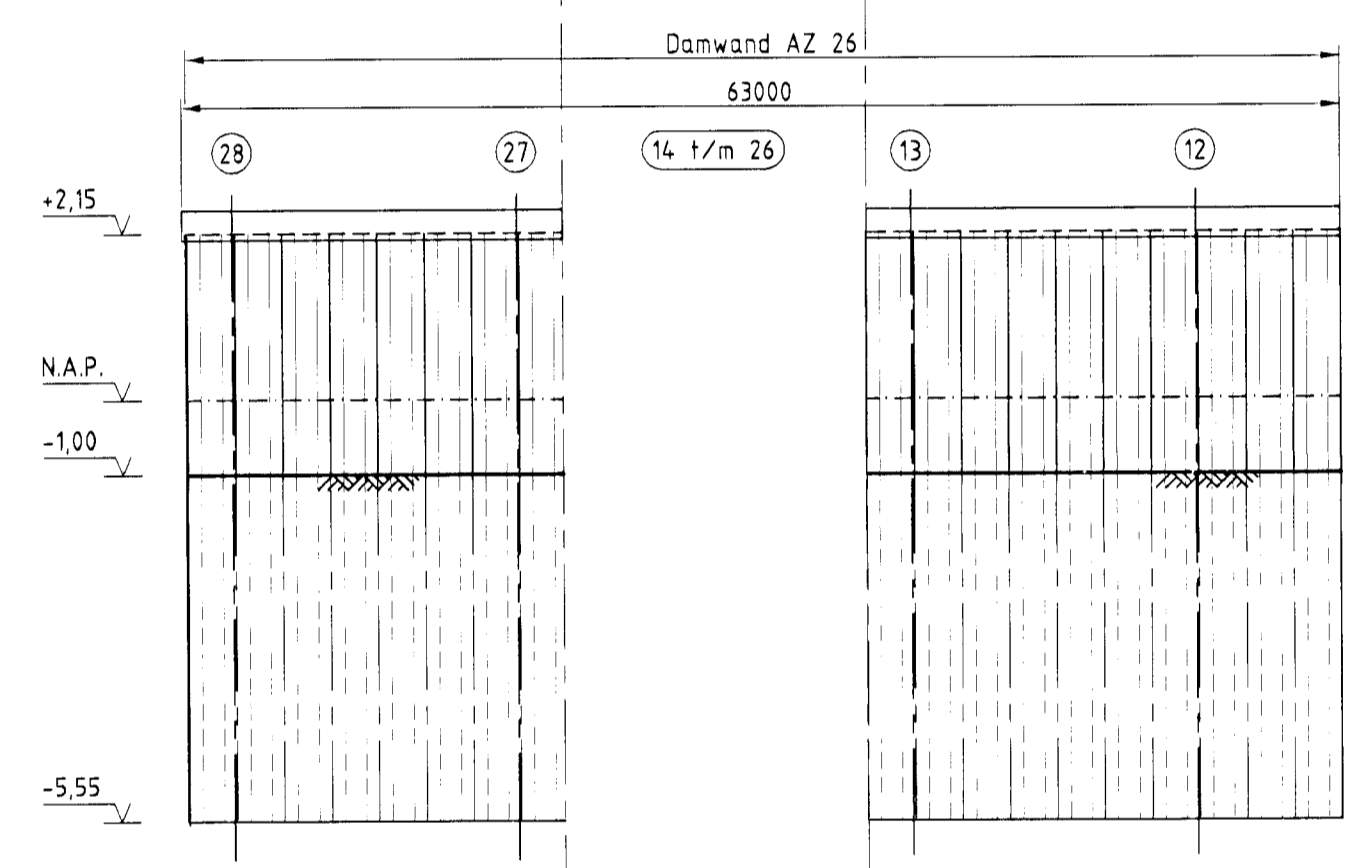
Maten in millimeters, tenzij anders aangegeven.  
 Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.  
 Betonstaalkwaliteit: FeB 500 HWL  
 Beton: B35  
 Betondekking = 40 mm, tenzij anders aangegeven  
 Bijbehorende tekeningen:  
 WZPZ-00-T-13-101

|   |                        |                  |      |
|---|------------------------|------------------|------|
| rijkswaterstaat<br>zeeland                          |                        |                  |      |
| Rev.  | Datum                  | Omschrijving     | Get. |
| <b>Flaauwershaven</b><br>Damwand ontwerp<br>Details |                        |                  |      |
| Form. 594   | Schalen : zie tekening |                  |      |
| 420   | Getekend : RD          |                  |      |
| Tek.nr. WZPZ-00-T-13-102                            |                        | Datum : 02-03-09 |      |
|   |                        | Rev. 1           |      |

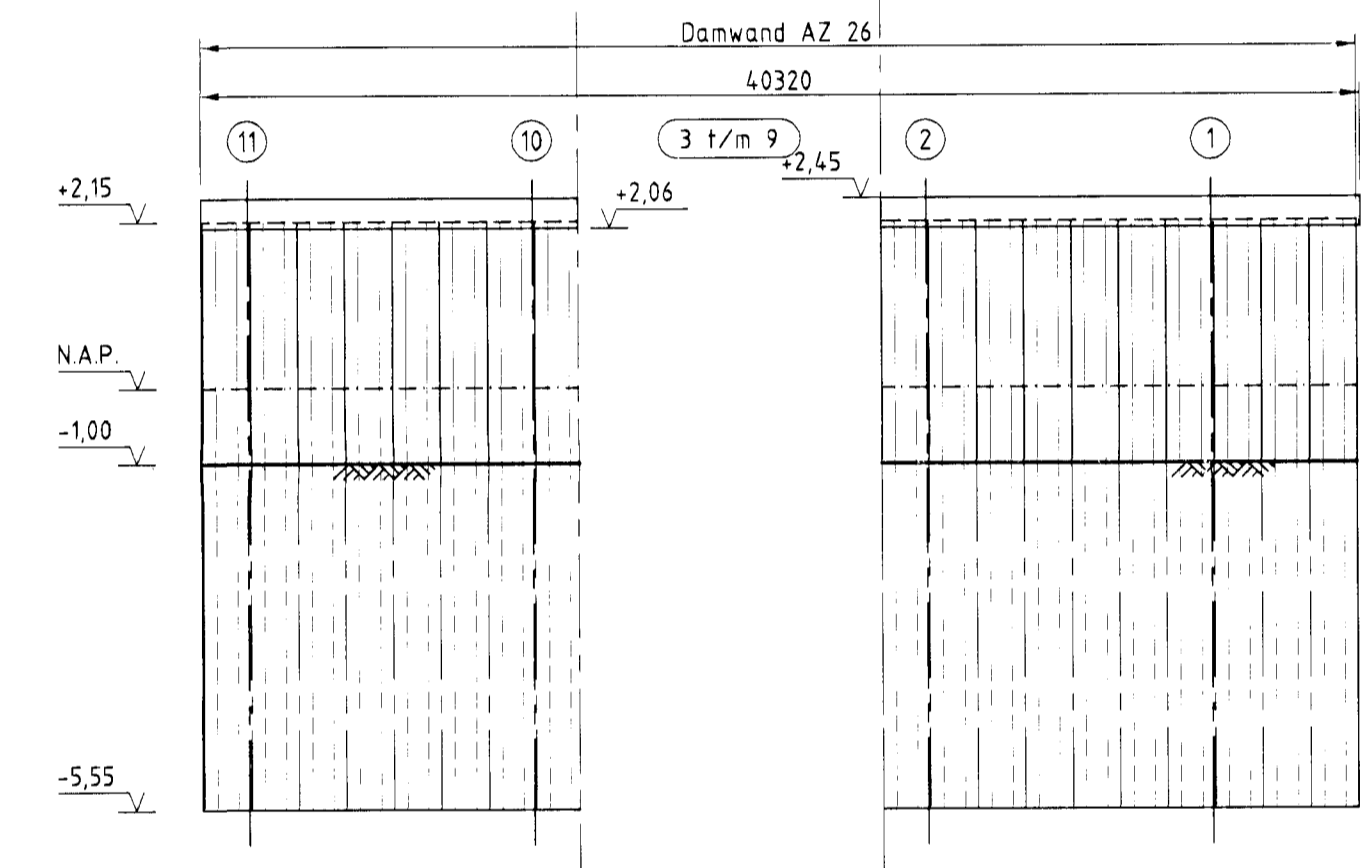
**Lieveense**  
 Tel. +31(0)76-522 50 22 Fax +31(0)76-522 30 26  
 www.lieveense.com info@lieveense.com



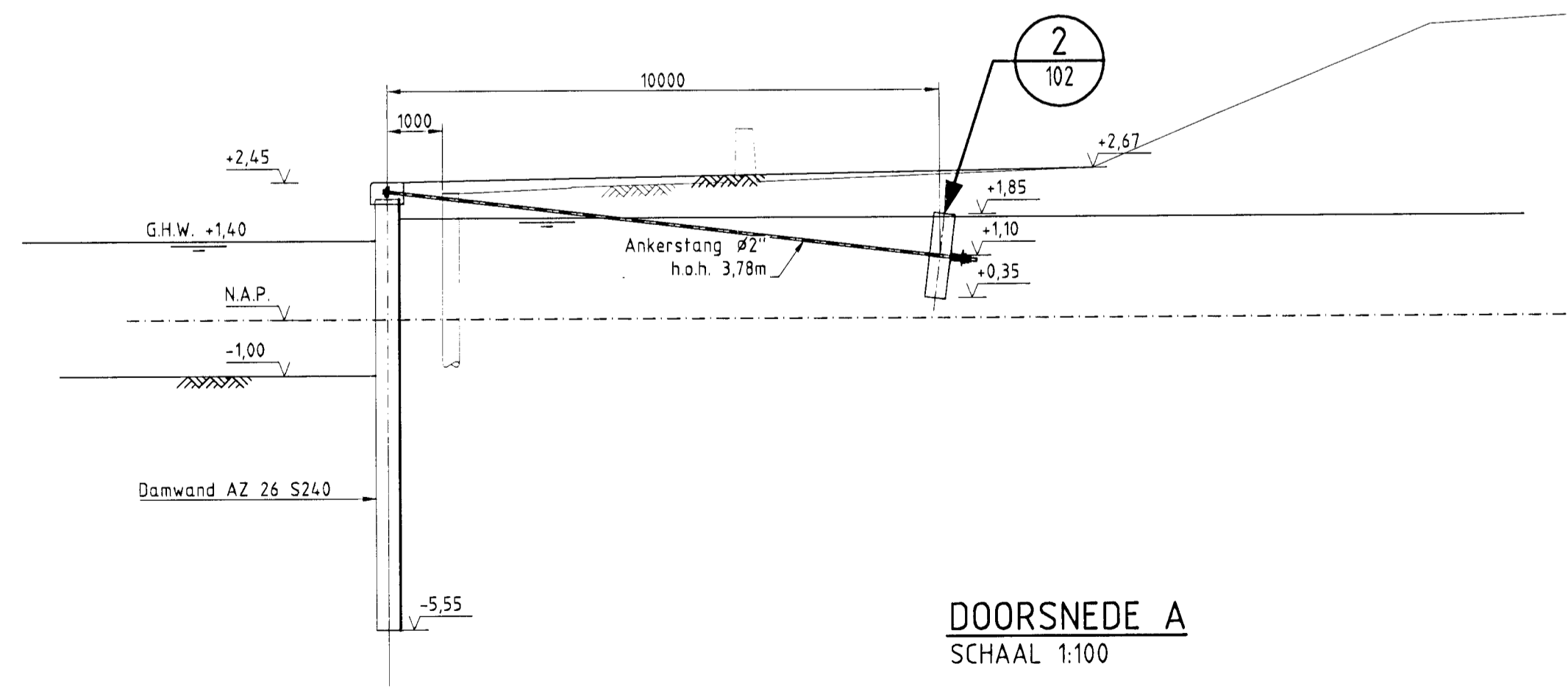
DETAIL 1  
SCHAAL 1:20



VOORAANZICHT WEST  
SCHAAL 1:100



VOORAANZICHT OOST  
SCHAAL 1:100



DOORSNEDE A  
SCHAAL 1:100

SITUATIE  
SCHAAL 1:200

**Toelichting :**

- koningspaal
- Maten in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.
- Betonstaalkwaliteit: FeB 500 HWL
- Beton: B35
- Betondekking = 40 mm, tenzij anders aangegeven
- Bijbehorende tekeningen:  
WZPZ-00-T-13-102  
WZPZ-00-T-13-201

|   |  |         |                              |              |        |
|---|--|---------|------------------------------|--------------|--------|
| rijkswaterstaat<br>zeeland  |  | Rev.    | Datum                        | Omschrijving | Get.   |
| <b>Flauwershaven</b><br>Damwand ontwerp<br>Overzicht, doorsnede & details                               |  | Form.   | Schalen : zie tekening       |              |        |
| <b>Lieveuse</b><br>Tel: +31(0)76-522 50 22 Fax +31(0)76-522 30 26<br>www.lieveuse.com info@lieveuse.com |  | 594     | Getekend : RD                |              |        |
|   |  | 841     | Gezien : EF Datum : 02-03-09 |              |        |
|   |  | Tek.nr. | WZPZ-00-T-13-101             |              | Rev. 1 |