



# Damwanden Cromvliet

Definitief ontwerp damwand

Opdrachtgever: Gemeente Bergen op Zoom

Referentie: INFR211019-R01\_Rev1

Revisie: 1

Datum: 6 mei 2022

**Iv-Infra b.v.**

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Damwanden Cromvliet

Ondertitel document: Definitief ontwerp damwand

Referentie: INFR211019-R01\_Rev1

Revisie: 1

Datum: 6 mei 2022

Opdrachtgever: Gemeente Bergen op Zoom

Projectnummer opdrachtgever: INFR211019

Project: INFR211019

| Revisie | Status     | Datum      | Auteur(s) | Gecontroleerd | Goedgekeurd | Omschrijving                    |
|---------|------------|------------|-----------|---------------|-------------|---------------------------------|
| 0       | Concept    | 23-12-2021 |           |               |             | orlopig<br>verp<br>lusief<br>ge |
| 1       | Definitief | 06-05-2022 |           |               |             | initief<br>verp                 |
|         |            |            |           |               |             |                                 |



## Inhoudsopgave

|          |                                                |           |
|----------|------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                               | <b>5</b>  |
| 1.1.     | Aanleiding                                     | 5         |
| 1.2.     | Doel                                           | 5         |
| 1.3.     | Leeswijzer                                     | 6         |
| 1.4.     | Revisiebeheer                                  | 6         |
| 1.5.     | Referenties                                    | 6         |
| <b>2</b> | <b>Uitgangspunten</b>                          | <b>7</b>  |
| 2.1.     | Normen en richtlijnen                          | 7         |
| 2.2.     | Ontwerplevensduur en betrouwbaarheid           | 7         |
| 2.3.     | Partiele veiligheidsfactoren                   | 7         |
| 2.4.     | Geometrische uitgangspunten                    | 7         |
| 2.4.1.   | Maaiveldniveau                                 | 7         |
| 2.4.2.   | Waterbodemniveau                               | 9         |
| 2.5.     | Geotechnische uitgangspunten                   | 9         |
| 2.5.1.   | Grondopbouw en grondparameters                 | 9         |
| 2.6.     | Hydraulische en hydrologische uitgangspunten   | 11        |
| 2.7.     | Belastingen en belastingcombinaties            | 11        |
| 2.7.1.   | Permanente belasting                           | 11        |
| 2.7.2.   | Variabele belasting                            | 12        |
| 2.8.     | Corrosie                                       | 12        |
| 2.9.     | Modellering                                    | 12        |
| <b>3</b> | <b>Ontwerpresultaten</b>                       | <b>13</b> |
| 3.1.     | Resultaten ontwerp en ontwerpkeuzes            | 13        |
| 3.1.1.   | Kunststof damwandconstructie noordzijde        | 13        |
| 3.1.2.   | Kunststof damwandconstructie zuidzijde         | 14        |
| 3.2.     | Ontwerpkeuzes                                  | 14        |
| 3.2.1.   | Bouwfaserings                                  | 15        |
| 3.3.     | Ontwerptoetsingen kunststof damwand noordzijde | 16        |
| 3.3.1.   | Kunststof beschoeiing                          | 16        |
| 3.3.2.   | Verankering                                    | 16        |
| 3.3.3.   | Vervorming                                     | 16        |
| 3.3.4.   | Algehele stabiliteit                           | 16        |
| 3.3.5.   | Kranz stabiliteit                              | 17        |
| 3.4.     | Ontwerptoetsingen kunststof damwand zuidzijde  | 17        |
| 3.4.1.   | Beschoeiing                                    | 18        |
| 3.4.2.   | Verankering                                    | 18        |
| 3.4.3.   | Vervorming                                     | 18        |



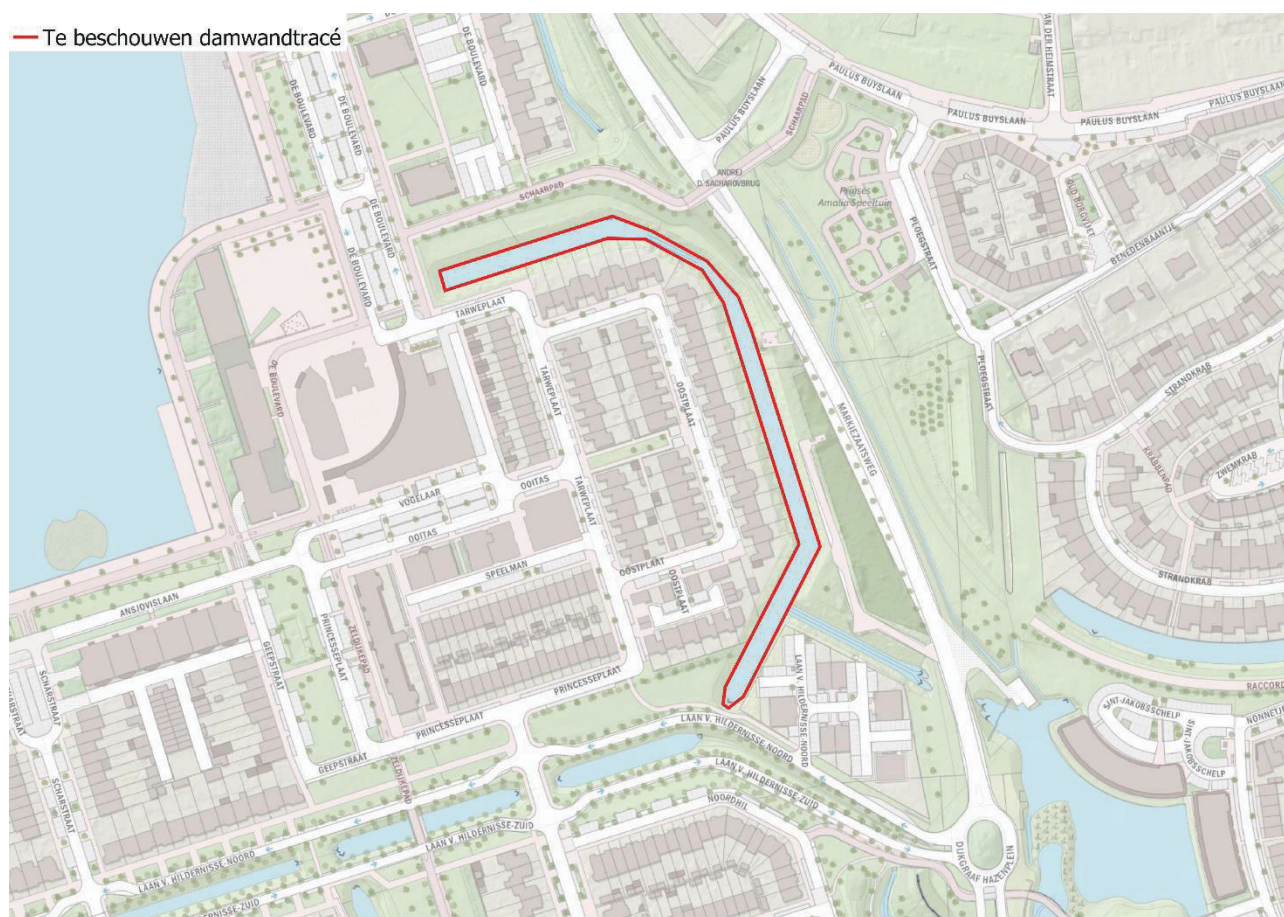
|                 |                                                                    |           |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.4.          | Algehele stabiliteit                                               | 18        |
| 3.4.5.          | Kranz stabiliteit                                                  | 18        |
| <b>4</b>        | <b>Conclusie en aanbeveling</b>                                    | <b>20</b> |
| 4.1.            | Conclusie                                                          | 20        |
| 4.2.            | Aanbevelingen                                                      | 20        |
| <b>BIJLAGEN</b> |                                                                    | <b>21</b> |
| <b>A.</b>       | Constructie tekeningen                                             | 21        |
| <b>B.</b>       | Uitvoer D-Sheet Piling berekening kunststof constructie noordzijde | 22        |
| B.1.            | Snede talud                                                        | 22        |
| B.2.            | Snede hoge tuinen                                                  | 23        |
| B.3.            | Snede lage tuinen                                                  | 24        |
| <b>C.</b>       | Uitvoer D-Sheet Piling berekening kunststof constructie zuidzijde  | 25        |
| C.1.            | Snede talud                                                        | 25        |
| C.2.            | Snede hoge tuinen                                                  | 26        |
| C.3.            | Snede lage tuinen                                                  | 27        |
| <b>D.</b>       | Eigenschappen kunststof damwand + houten palen                     | 28        |
| <b>E.</b>       | Toets verankering kunststof damwand + houten palen                 | 29        |
| <b>F.</b>       | Eigenschappen kunststof damwand + stalen palen                     | 30        |
| <b>G.</b>       | Toets verankering kunststof damwand + stalen palen                 | 31        |

# 1 Inleiding

## 1.1. Aanleiding

De gemeente bergen op zoom heeft Iv-Infra gevraagd een voorlopig ontwerp (VO) en vervolgens een definitief ontwerp (DO) op te stellen voor de vervanging van de houten damwanden langs de Cromvliet te Bergen op Zoom. Het te beschouwen tracé is gelegen langs de achtertuinen van de woningen aan de Oostplaat en langs het talud langs de Markiezaatsweg zoals weergegeven in Figuur 1.1.

De panden aan de Oostplaat grenzen aan de constructie waarbij de tuin oorspronkelijk bestond uit een hoog en een laag deel. Het lage deel was gelegen langs de constructie maar enkele woningeigenaren hebben naast deze constructie een nieuwe constructie geplaatst en de tuin uitgevuld op het hoge niveau. Voor het ontwerp zijn alle drie de verschillende scenario's beschouwd.



Figuur 1.1: Overzicht damwandtracé Cromvliet

## 1.2. Doel



Dit document heeft als doel het ontwerp te presenteren voor de vervanging van de damwandconstructie langs de Cromvliet.

Binnen de scope van deze opdracht valt het ontwerp van de damwand, de verankering, het uitwerken van de bouwfasering en het uitwerken van de aansluitingen op de bestaande constructies. Voor de damwand zijn berekeningen uitgevoerd om de dimensies te bepalen. Deze zijn uitgewerkt in voorliggend rapport. Voor de damwandconstructie zijn de dimensies bepaald met behulp van D-Sheet Piling.

### 1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor het ontwerp beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de ontwerpkeuzes en de toetsingen van het ontwerp. In hoofdstuk 4 is de conclusie en zijn de aanbevelingen opgenomen.

### 1.4. Revisiebeheer

Tabel 1.1: Revisietabel

| Revisie document | Omschrijving       |
|------------------|--------------------|
| 0                | Voorlopig ontwerp  |
| 1                | Definitief ontwerp |

### 1.5. Referenties

Onderstaand zijn de gehanteerde documenten en richtlijnen benoemd.

#### Literatuur en richtlijnen

- [1] NEN 9997-1+C2; Geotechnisch ontwerp van constructies Deel 1: Algemene regels; november 2017
- [2] Stichting CUR, CUR-publicatie 166 (zesde druk) Damwandconstructies, 2012
- [3] Waterschap Brabantse Delta, Peilbesluiten bij waterschap Brabantse Delta Beleidsnota, 30 januari 2019
- [4] Stichting CUR, CUR-publicatie 228 Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen, 04-02-2010

#### Achtergronddocumenten

- [5] Konings Grondboorbedrijf, Opdrachtnummer 2227, 26-01-2022

#### Software

- [6] Deltares; D-sheet Piling 19.3; 2019



## 2 Uitgangspunten

### 2.1. Normen en richtlijnen

De constructie is ontworpen op basis van de vigerende normen en richtlijnen, waarmee voldaan wordt aan de wettelijke kaders die zijn gesteld voor het ontwerp van constructies. De van toepassing zijnde gehanteerde normen en richtlijnen zijn in paragraaf 1.5 benoemd.

### 2.2. Ontwerplevensduur en betrouwbaarheid

De ontwerplevensduur van de constructie is 50 jaar. De kade wordt ontworpen in gevolgklasse CC1 en bijbehorende betrouwbaarheidsklasse RC1 conform CUR 166 [2].

### 2.3. Partiele veiligheidsfactoren

Tabel 2.1: Partiele veiligheidsfactoren op grondparameters volgens tabel A.4b uit NEN 9997-1:2017 [1]

| Grondparameter              | Symbool    | RC1   |
|-----------------------------|------------|-------|
| Hoek van inwendige wrijving | $\varphi'$ | 1,15* |
| Effectieve cohesie          | $c'$       | 1,15  |
| Volumiek gewicht            | $\gamma$   | 1,0   |

Tabel 2.2: Partiele belastingfactoren volgens tabel A.3 uit NEN 9997-1:2017 [1]

| Belasting            | Symbool    | Geotechnische belasting<br>[RC1] | Constructieve belasting<br>[RC1] |
|----------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Permanente belasting | $\gamma_G$ | 1,0                              | 1,125                            |
| Variabele belasting  | $\gamma_Q$ | 1,0                              | 1,35                             |

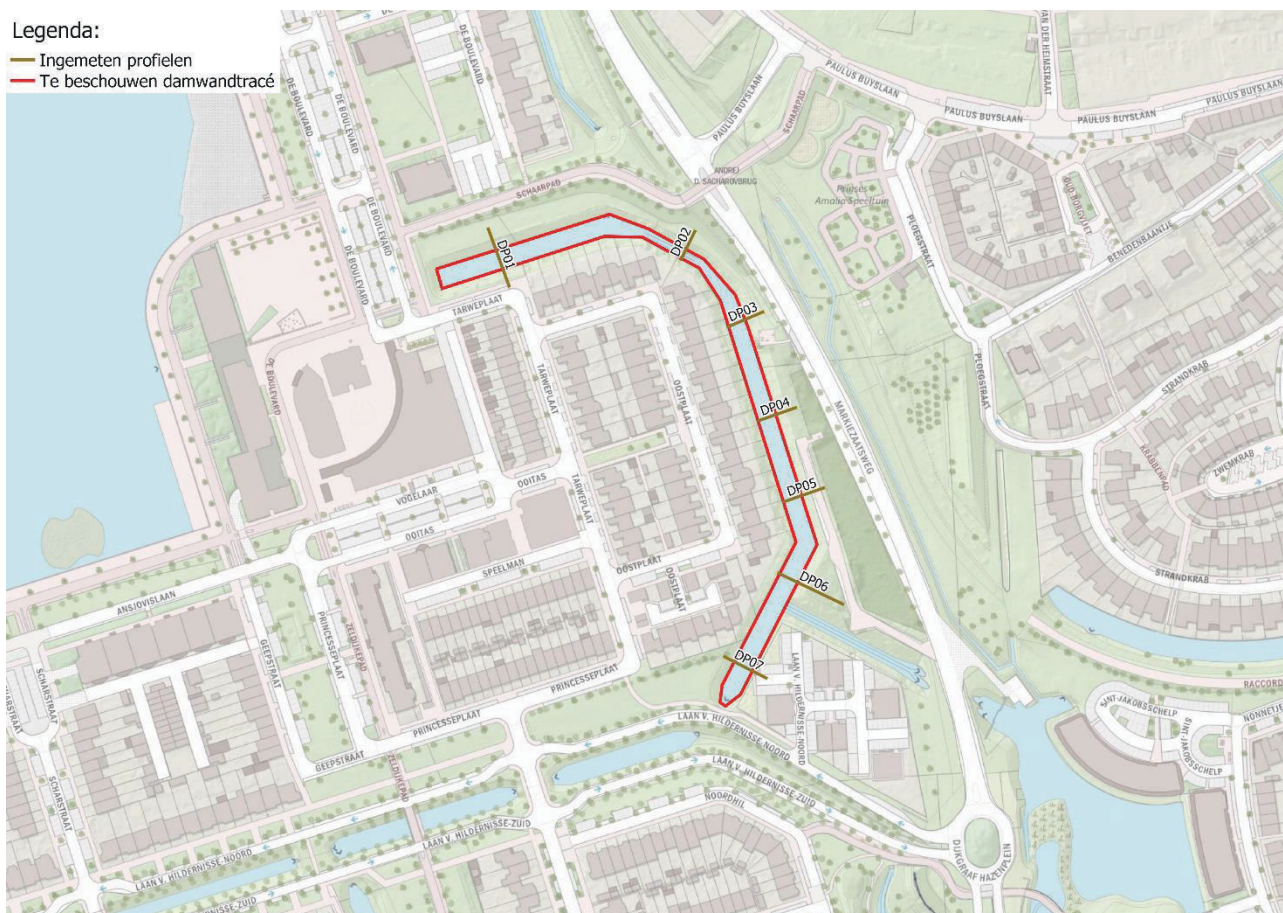
### 2.4. Geometrische uitgangspunten

#### 2.4.1. Maaiveldniveau

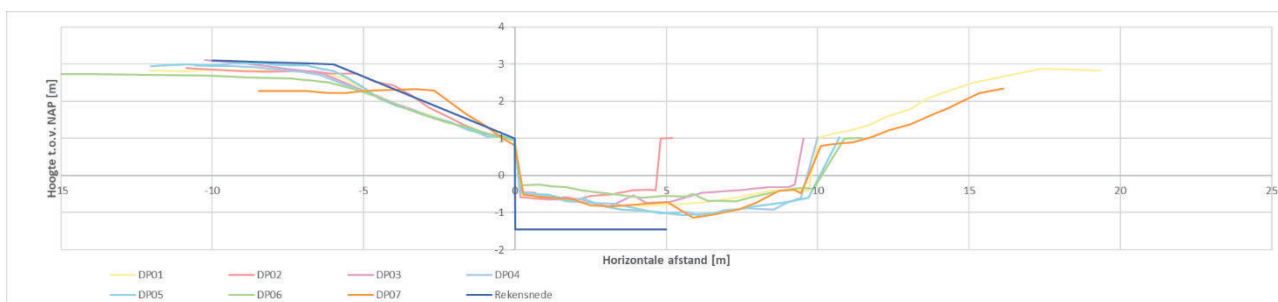
Voor het ontwerp zijn een aantal profielen gemeten. Deze zijn met elkaar vergeleken om het maatgevende profiel te bepalen. In Figuur 2.1 is een overzicht weergegeven van de locaties van de gemeten profielen. In Figuur 2.2 zijn de profielen weergegeven voor de taludzijde waarbij de bestaande damwand het 0- punt is. In deze figuur is tevens de rekensnede voor deze zijde opgenomen. In Figuur 2.3 zijn de doorsnedes voor de woningzijde weergegeven. Hierin is eveneens het rekenprofiel weergegeven voor de situatie met een hoge tuin als de situatie met een lage tuin.

**Legenda:**

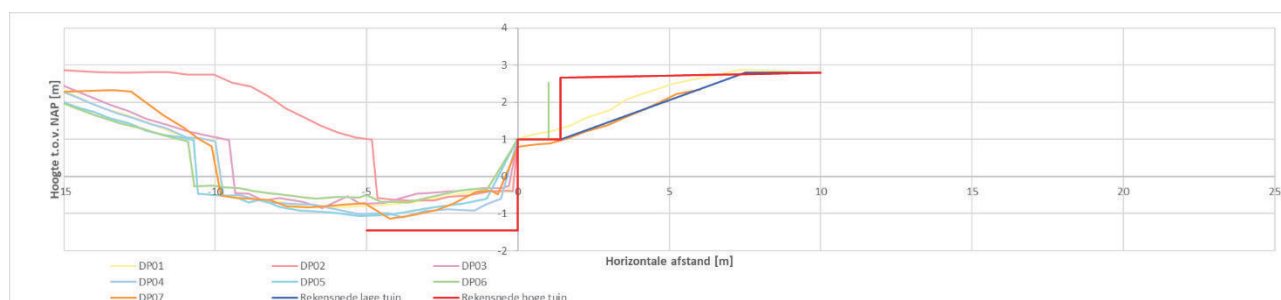
- Ingemeten profielen
- Te beschouwen damwandtracé



Figuur 2.1: Overzicht gemeten profielen



Figuur 2.2: Doorsnede gemeten profielen en rekenprofiel (taludzijde)



Figuur 2.3: Doorsnede gemeten profielen en rekenprofiel hoge en lage tuin (woningzijde)

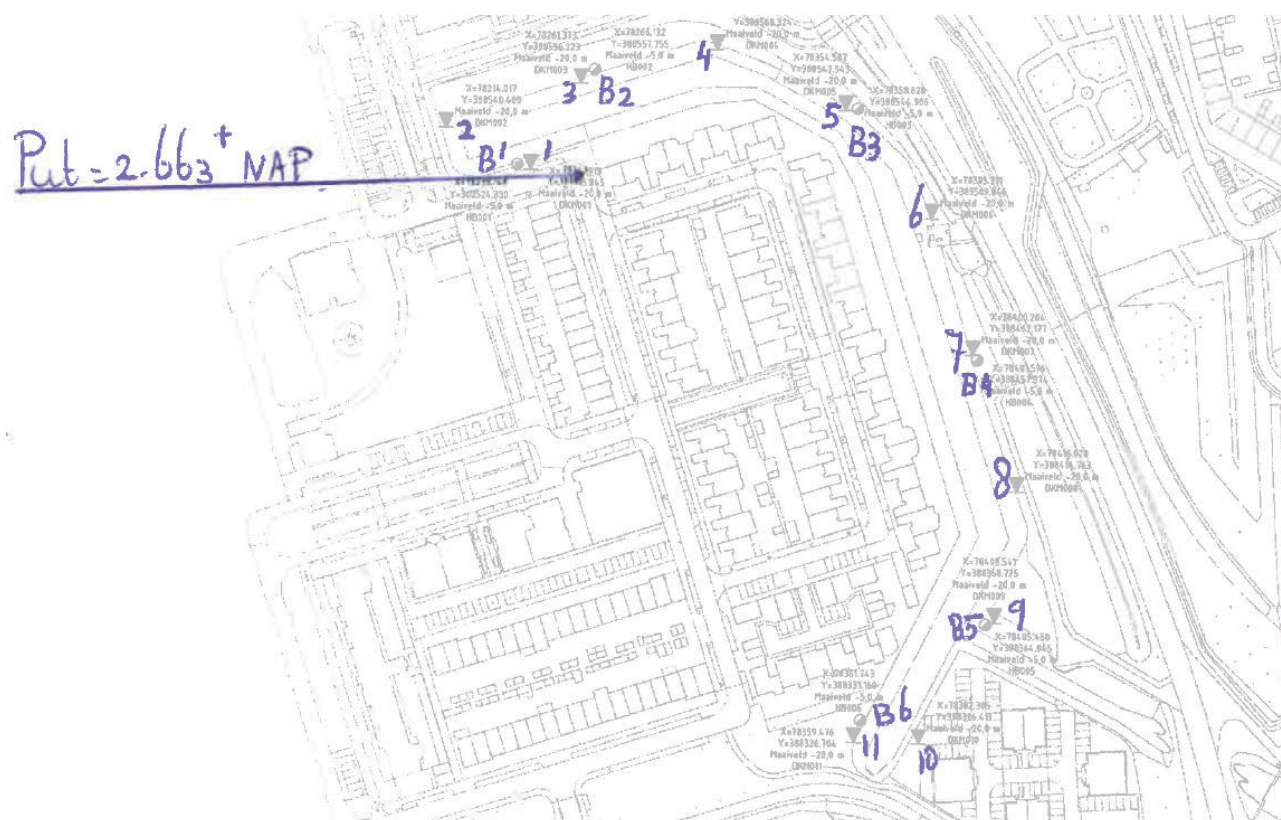
### 2.4.2. Waterbodemniveau

Het waterbodemniveau is eveneens gemeten de vaste bodem ligt ongeveer op NAP -1,10 m. De bodemhoogte in de legger bedraagt op het diepste stuk NAP -1,25 m. Bovenop deze bodemhoogte wordt nog een baggertollerantie van 0,20 m aangehouden waarmee het ontwerpbodemniveau op NAP -1,45 m komt te liggen.

## 2.5. Geotechnische uitgangspunten

### 2.5.1. Grondopbouw en grondparameters

De grondopbouw ter plaatse van de te vervangen beschoeiing is bepaald op basis van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek [5]. Voor de bodemopbouw aan de waterzijde zijn de grondlagen vanuit de landzijde aangehouden aangezien het land opgespoten terrein betreft.



Figuur 2.4: Overzicht beschikbaar grondonderzoek

Op basis van de beschikbare boringen en sonderingen vormt het beeld dat de bodemopbouw voor het noordelijke deel (sondering 1 tot en met 8) gelijkwaardig aan elkaar is maar afwijkt van het zuidelijke deel (sondering 9 tot en met 11). Om deze reden zijn er twee bodemprofielen vastgesteld. De bodemopbouw in het noordelijke deel bestaat globaal gezien uit een toplaag van zandige klei en losgepakt zand, met daaronder verschillende zandlagen met een wisselende pakkingsdichtheid (matig, vast). De opbouw in het zuidelijke deel bestaat in hoofdzaak uit een zandige toplaag met daaronder hoofdzakelijk kleilagen afgewisseld met zandlaagjes en af en toe een veenlaag.

Voor de maatgevende bodemopbouw wordt sondering 8 [5] gehanteerd voor de noordelijke zijde en sondering 9 voor de zuidelijke zijde. Een overzicht van de maatgevende bodemopbouw is opgenomen in Tabel 2.3 en Tabel 2.4. Het volumegewicht en de sterkteparameters van de grondsoorten zijn ingeschat op basis van tabel 2.b uit NEN9997-1 [1]. De schelffactoren voor door grond horizontaal belaste palen zijn conform tabel 2.2 uit CUR publicatie 228 [4]. De beddingsconstanten zijn ingeschat conform CUR166 [2]. Voor de wandwrijvingshoek is voor veen een waarde van 0, voor klei een waarde van  $0,5 \cdot \phi$  en voor zand een waarde van  $2/3 \cdot \phi$  aangehouden [1].



Tabel 2.3: Maatgevende grondopbouw noordelijke zijde o.b.v. sondering 8 en gehanteerde karakteristieke waarden grondparameters

| Nr. | Grondsoort        | Niveau<br>[m + NAP] | $\gamma_{dr}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{sat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c_{kar}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\phi_{kar}$<br>[°] | $\delta_{kar}$<br>[°] | Schelp-<br>factor | K1<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | K2<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | K3<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----|-------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1   | Zand, los         | MV tot 1,8          | 17                                    | 19                                     | 0                                 | 30,0                | 20,0                  | 2,0               | 12.000                     | 6.000                      | 3.000                      |
| 2   | Klei, schoon slap | 1,8 tot -2,3        | 14                                    | 14                                     | 1,0                               | 17,5                | 8,8                   | 1,5               | 2.000                      | 800                        | 500                        |
| 3   | Zand, los         | -2,3 tot -3,6       | 17                                    | 19                                     | 0                                 | 30,0                | 20,0                  | 2,0               | 12.000                     | 6.000                      | 3.000                      |
| 4   | Zand, matig vast  | -3,6 tot -7,8       | 18                                    | 20                                     | 0                                 | 32,5                | 21,7                  | 2,3               | 20.000                     | 10.000                     | 5.000                      |
| 5   | Zand, vast        | -7,8 tot -9,5       | 19                                    | 21                                     | 0                                 | 35,0                | 23,3                  | 2,7               | 40.000                     | 20.000                     | 10.000                     |

Tabel 2.4: Maatgevende grondopbouw zuidelijke zijde o.b.v. sondering 9 en gehanteerde karakteristieke waarden grondparameters

| Nr. | Grondsoort         | Niveau<br>[m + NAP] | $\gamma_{dr}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{sat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c_{kar}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\phi_{kar}$<br>[°] | $\delta_{kar}$<br>[°] | Schelp-<br>factor | K1<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | K2<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | K3<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----|--------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1   | Zand, los          | MV tot 2,0          | 17                                    | 19                                     | 0                                 | 30,0                | 20,0                  | 2,0               | 12.000                     | 6.000                      | 3.000                      |
| 2   | Klei, sterk zandig | 2,0 tot 0,5         | 18                                    | 20                                     | 0                                 | 27,5                | 13,8                  | 1,8               | 10.000                     | 5.000                      | 2.500                      |
| 3   | Klei, zwak zandig  | 0,5 tot -0,8        | 16                                    | 16                                     | 0                                 | 22,5                | 11,3                  | 1,5               | 4.000                      | 2.000                      | 800                        |
| 4   | Zand, los          | -0,8 tot -1,2       | 17                                    | 19                                     | 0                                 | 30,0                | 20,0                  | 2,0               | 12.000                     | 6.000                      | 3.000                      |
| 5   | Klei, zwak zandig  | -1,2 tot -3,5       | 16                                    | 16                                     | 0                                 | 22,5                | 11,3                  | 1,5               | 4.000                      | 2.000                      | 800                        |
| 6   | Zand, los          | -3,5 tot -4,2       | 17                                    | 19                                     | 0                                 | 30,0                | 20,0                  | 2,0               | 12.000                     | 6.000                      | 3.000                      |
| 7   | Veen, matig        | -4,2 tot -8,0       | 12                                    | 12                                     | 2,5                               | 15,0                | 0,0                   | 1,2               | 2.000                      | 800                        | 500                        |
| 8   | Zand, matig vast   | -8,0 tot -12,0      | 18                                    | 20                                     | 0                                 | 32,5                | 21,7                  | 2,3               | 20.000                     | 10.000                     | 5.000                      |
| 9   | Zand, vast         | -12,0 tot -17,5     | 19                                    | 21                                     | 0                                 | 35,0                | 23,3                  | 2,7               | 40.000                     | 20.000                     | 10.000                     |

## 2.6. Hydraulische en hydrologische uitgangspunten

Voor het gebied is geen peilbesluit vastgesteld. Aangezien het om een stedelijk gebied gaat wordt er uitgegaan van een drooglegging van ca. 1,20 m [3]. Op basis van de meetgegevens is een waterstand van NAP 0,00 vastgesteld dit is 0,20 m hoger dan de drooglegging van 1,20 m. Voor de berekening wordt conservatief uitgegaan van de drooglegging van 1,20 m. Waarmee de rekenwaterstand NAP -0,20 m bedraagt. Bovenop deze rekenwaterstand worden nog de toeslagen conform CUR166 [2] toegepast.

## 2.7. Belastingen en belastingcombinaties

### 2.7.1. Permanente belasting

De permanente belasting afkomstig uit de gronddruk en waterdruk wordt bepaald door D-Sheet Piling aan de hand van de ingevoerde waarden.

### 2.7.2. Variabele belasting

De variabele belastingen bestaan uit:

|                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Verkeersbelasting op groenstroken (onderhoudsvoertuig) | 5kN/m <sup>2</sup>  |
| Verkeersbelasting op de weg                            | 13kN/m <sup>2</sup> |
| Veranderlijke belasting in achtertuinen                | 5kN/m <sup>2</sup>  |

### 2.8. Corrosie

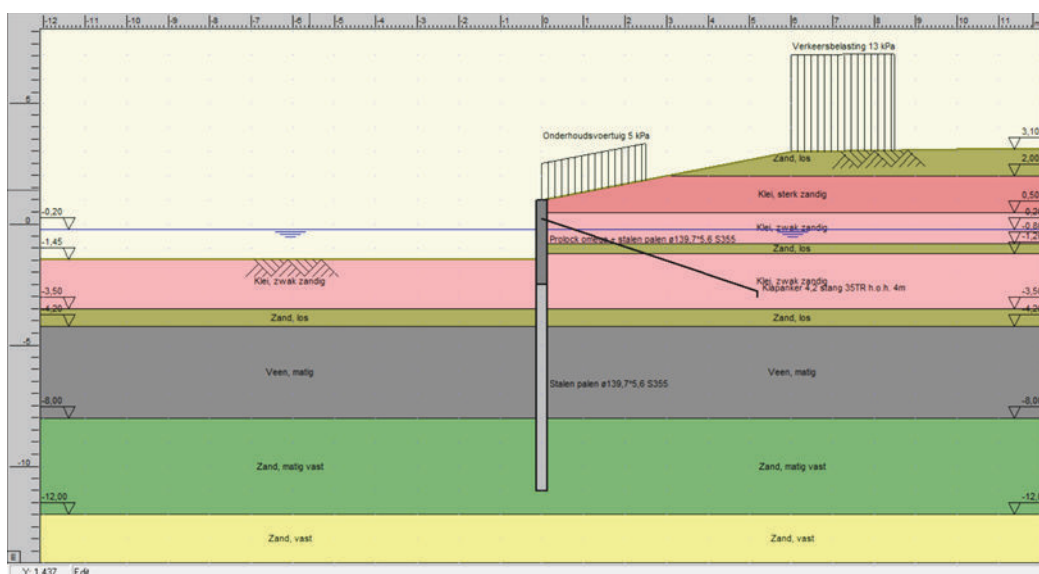
In de berekening wordt voor stalen onderdelen een corrosietoeslag in rekening gebracht. De grote van de corrosietoeslag is overgenomen uit tabel 9.2 uit het handboek damwandconstructies [2].

### 2.9. Modelling

De damwand is gemodelleerd met behulp van D-Sheet Piling versie 20. (rekenschema B). Voor de kadeconstructie zijn drie rekensneden beschouwd zoals weergegeven in paragraaf 2.4. Een screenshot van één van deze modellen is opgenomen in Figuur 2.5. Met dit model worden de krachtswerking in de constructie (damwand en verankering) en de totale stabiliteit van de kadeconstructie berekend.

In de modellen is de volgende rekenfasering aangehouden:

|   |                                          |     |
|---|------------------------------------------|-----|
| 1 | Aanbrengen damwand                       | RC1 |
| 2 | Aanbrengen verankering + handvast zetten | RC1 |
| 3 | Aanvullen tot bovenkant damwand          | RC1 |
| 4 | Eindsituatie                             | RC1 |



Figuur 2.5: Screenshot rekenmodel



## 3 Ontwerpresultaten

### 3.1. Resultaten ontwerp en ontwerpkeuzes

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwerpresultaten en ontwerpkeuzes voor de vervanging van de damwand langs de Cromvliet.

In het definitief ontwerp (DO) zijn berekening uitgevoerd om de dimensies van de kerende constructie te bepalen. In het definitief ontwerp is, op basis van de keuze van de gemeente, de kunststof damwand verder uitgewerkt. Zowel voor de noordzijde als voor de zuidzijde is een separate constructie uitgewerkt. Voor beide opties is zowel de situatie langs het talud, de situatie bij de hoge tuinen en de situatie bij de lage tuinen beschouwd.

Het definitief ontwerp is de tweede ontwerpslag in het ontwerptraject. Op basis van het definitief ontwerp kan het contract opgesteld en aanbesteed worden. De detailengineering van een aantal details (zoals de gording en verbinding van de ankers) zal als engineering bij de opdrachtnemer komen te liggen.

#### 3.1.1. Kunststof damwandconstructie noordzijde

De afmetingen van de kunststof damwandconstructie zijn in Tabel 3.1 gegeven.

Tabel 3.1: Dimensies houten damwand

| Onderdeel         | Symbool              | Afmeting             | Eenheid               |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Kunststof damwand |                      |                      |                       |
| Prolock Omega     |                      |                      |                       |
| Lengte            |                      | 4,0                  | [m]                   |
| Kopniveau         |                      | 1,0                  | [m+NAP]               |
| Buigstijfheid UGT | [EI]                 | 102,9                | [kNm <sup>2</sup> /m] |
| Houten palen      | [Ø]                  | 150                  | [mm]                  |
| Lengte            |                      | 7,0                  | [m]                   |
| Kopniveau         |                      | 1,0                  | [m+NAP]               |
| Sterkteklasse     |                      | D50                  |                       |
| E-modulus UGT     | [E <sub>UGT</sub> ]  | 14,00                | [kN/mm <sup>2</sup> ] |
| E-modulus BGT     | [E <sub>BGT</sub> ]  | 4,67                 | [kN/mm <sup>2</sup> ] |
| Traagheidsmoment  | [I]                  | 2,5*10 <sup>-5</sup> | [m <sup>4</sup> /m]   |
| Buigstijfheid UGT | [EI <sub>UGT</sub> ] | 348                  | [kNm <sup>2</sup> /m] |
| Buigstijfheid BGT | [EI <sub>BGT</sub> ] | 116                  | [kNm <sup>2</sup> /m] |
| Klapanker         |                      | JLD4.2               |                       |
| Ankerstang        |                      | GEWI 35TR            |                       |
| Lengte            |                      | 6,5                  | [m]                   |
| Verankeringshoek  |                      | 30                   | [°]                   |



| Onderdeel      | Symbool | Afmeting | Eenheid              |
|----------------|---------|----------|----------------------|
| Aangrijpniveau |         | 0,25     | [m+NAP]              |
| Hart op hart   |         | 4,0      | [m]                  |
| Doorsnede      |         | 224      | [mm <sup>2</sup> /m] |
| Anker Gording  |         |          |                      |
| Breedte        |         | N.t.b.   | [mm]                 |
| Hoogte         |         | N.t.b.   | [mm]                 |

### 3.1.2. Kunststof damwandconstructie zuidzijde

De afmetingen van de kunststof beschoeiing zijn in Tabel 3.2 gegeven.

Tabel 3.2: Dimensies kunststof beschoeiing

| Onderdeel         | Symbool              | Afmeting             | Eenheid               |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Kunststof damwand |                      |                      |                       |
| Prolock Omega     |                      |                      |                       |
| Lengte            |                      | 3,5                  | [m]                   |
| Kopniveau         |                      | 1,0                  | [m+NAP]               |
| Buigstijfheid UGT | [EI]                 | 102,9                | [kNm <sup>2</sup> /m] |
| Stalen palen      | [Ø]                  | 139,7*5,6            | [mm]                  |
| Lengte            |                      | 12,0                 | [m]                   |
| Kopniveau         |                      | 1,0                  | [m+NAP]               |
| Sterkteklasse     |                      | S355                 |                       |
| E-modulus UGT     | [E <sub>UGT</sub> ]  | 210                  | [kN/mm <sup>2</sup> ] |
| Traagheidsmoment  | [I]                  | 5,3*10 <sup>-6</sup> | [m <sup>4</sup> /m]   |
| Buigstijfheid UGT | [EI <sub>UGT</sub> ] | 7985                 | [kNm <sup>2</sup> /m] |
| Klapanker         |                      | JLD4.2               |                       |
| Ankerstang        |                      | GEWI 35TR            |                       |
| Lengte            |                      | 6,0                  | [m]                   |
| Verankeringshoek  |                      | 30                   | [°]                   |
| Aangrijpniveau    |                      | 0,25                 | [m+NAP]               |
| Hart op hart      |                      | 3,0                  | [m]                   |
| Doorsnede         |                      | 299                  | [mm <sup>2</sup> /m]  |
| Anker Gording     |                      |                      |                       |
| Breedte           |                      | N.t.b.               | [mm]                  |
| Hoogte            |                      | N.t.b.               | [mm]                  |

## 3.2. Ontwerpkeuzes



Bij de strekking langs de woningen komt de damwand voor de bestaande constructie te staan hier is voor gekozen zodat de bestaande constructie gehandhaafd kan blijven gedurende de uitvoering van de nieuwe constructie. Door deze werkwijze is de kans op het verzakken van de grond en daarmee schade aan de tuinen achter de bestaande constructie minimaal. Voor het aanbrengen van de verankering zal de bestaande constructie lokaal weg gezaagd moeten worden om de ankers te kunnen plaatsen. Nadat de ankers geplaatst zijn kan de ruimte tussen de bestaande en de nieuwe constructie opgevuld worden waarna de ankerstangen van de bestaande constructie doorgeslepen kunnen worden zodat de nieuwe constructie de functie volledig over neemt. De kop van de bestaande constructie kan vervolgens afgezaagd worden waarbij de overige restanten van de bestaande constructie (gedeelte van de damplank en de ankerstangen en schotten) in de ondergrond achter blijven.

Omdat de strekking langs de woningen aan de waterzijde geplaatst wordt is het noodzakelijk om de strekking langs het talud aan de landzijdige kant van de bestaande constructie te plaatsen om de wateroppervlakte niet te verkleinen. Voor deze strekking dient een ontlastsleuf aangebracht te worden om de bestaande constructie te ontlasten om de verankering van de bestaande constructie door te kunnen branden. Deze verankering moet verwijderd worden om de nieuwe damwand achter de bestaande damwand te kunnen plaatsen. Daarnaast kan de nieuwe damwand op deze manier aangebracht worden zonder dat er al gronddruk op de constructie werkt. De verankering kan hierdoor spanningsloos aangebracht worden waarna de horizontale gronddruk als gevolg van het aanvullen van de constructie voor het grootste gedeelte door de ankers opgenomen zal worden.

### 3.2.1. Bouwfasering

Voor de vervanging van de damwand is voor de strekking langs het talud een andere fasering voorgeschreven ten opzichte van de strekking langs de woningen. Voor de strekking langs het talud zal de bouwfasering zoals opgenomen in tabel 3.3 aangehouden worden, voor de strekking langs de woningen de fasering uit Tabel 3.4

Tabel 3.3: Overzicht fasering constructie taludzijde

| Fase | Omschrijving                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Aanbrengen ontlastsleuf achter bestaande damwand tot bodemniveau        |
| 2    | Doorbranden bestaande verankering, restant in de ondergrond achterlaten |
| 3    | Aanbrengen nieuwe constructie achter bestaande damwand                  |
| 4    | Aanbrengen nieuwe verankering                                           |
| 5    | Aanvullen nieuwe constructie met uitgekomen grond uit ontlastsleuf      |
| 6    | Verwijderen bestaande damwand door deze te trekken                      |

Tabel 3.4: Overzicht fasering constructie woningzijde

| Fase | Omschrijving                                                                      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Aanbrengen nieuwe constructie voor bestaande damwand                              |
| 2    | Aanbrengen nieuwe verankering bestaande constructie t.h.v. de ankers wegzagen     |
| 3    | Aanvullen ruimte tussen bestaande damwand en nieuwe constructie                   |
| 4    | Doorbranden bestaande verankering, restant in de ondergrond achterlaten           |
| 5    | Afzagen bovenste gedeelte bestaande damwand, restant in de ondergrond achterlaten |



### 3.3. Ontwerptoetsingen kunststof damwand noordzijde

De damwand is gemodelleerd in D-Sheet Piling. Een uitvoer van deze berekeningen is opgenomen in bijlage B. Een samenvatting van de belangrijkste resultaten is opgenomen in tabel 3.5.

Tabel 3.5: Samenvatting berekening resultaten kunststof damwand D-Sheet Piling

| Maximale snedekracht |          |         | Snede talud | Snede hoge tuinen | Snede lage tuinen |
|----------------------|----------|---------|-------------|-------------------|-------------------|
| Moment               | $M_{ed}$ | [kNm/m] | 21,05       | 19,92             | 11,57             |
| Dwarskracht          | $V_{ed}$ | [kN/m]  | 27,73       | 31,01             | 17,31             |
| Vervorming (BGT)     | $\delta$ | [mm]    | 40,9        | 43,1              | 20,8              |
| Ankerkracht          |          | [kN/m]  | 43,82       | 45,41             | 27,53             |

#### 3.3.1. Kunststof beschoeiing

##### Gecombineerd profiel

De rekenwaarde van het maximale moment in de constructie bedraagt 21,05 kNm/m. Het opneembare moment van de palen (sterkteklasse D50) en de kunststof schotten bedraagt 32,70 kNm/m zoals opgenomen in bijlage D. De unitycheck van de beschoeiing bedraagt  $21,05/32,70=0,64 \rightarrow$  het ontwerp voldoet.

##### Palen

De rekenwaarde van het maximale moment in de palen bedraagt 11,28 kNm/m. Het opneembare moment van de palen (sterkteklasse D50) bedraagt 12,74 kNm/m zoals opgenomen in bijlage D. De unitycheck van de palen bedraagt  $11,28/12,74=0,89 \rightarrow$  het ontwerp voldoet.

#### 3.3.2. Verankering

De verankering is getoetst in bijlage E. Er is gerekend met de volgende maatgevende ankerkrachten:

|                 |        |
|-----------------|--------|
| $P_{max;geo}$   | 260 kN |
| $P_{max;staal}$ | 295 kN |

De maatgevende toets is de sterkte van de ankervoet welke met een unitycheck van 0,75 voldoet.

#### 3.3.3. Vervorming

De uitbuiging van de constructie bedraagt in de BGT situatie maximaal 43,1 mm. Deze vervorming is acceptabel en zal niet tot verdere problemen leiden.

#### 3.3.4. Algehele stabiliteit

De algehele stabiliteit van de constructie is getoetst met de Bishop methode in D-Sheet Piling. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.6. Te zien is dat de stabiliteitsfactor groter is dan de eis ( $SF > 1,0$ ).



Tabel 3.6: Overzicht algehele stabiliteit damwandconstructie

| Fase                | Stabiliteitsfactor<br>Snedes talud | Stabiliteitsfactor<br>Snedes hoge tuinen | Stabiliteitsfactor<br>Snedes lage tuinen |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Installeren damwand | -                                  | -                                        | -                                        |
| Aanvullen           | 2,10                               | 2,16                                     | 2,25                                     |
| Belasting           | 1,98                               | 2,16                                     | 2,25                                     |

### 3.3.5. Kranz stabiliteit

Naast de controle op algehele stabiliteit dient de Kranz stabiliteit onderzocht te worden. Door te voldoen aan het criterium van Kranz wordt voorkomen dat de constructie inclusief anker afschuift langs een recht glijvlak. Kranz stabiliteit is getoetst in de eindsituatie. De resultaten van de controle van de berekende constructie zijn opgenomen in Figuur 3.1, de controle is uitgevoerd met D-Sheet Piling.

#### Verification anchor force

D-Sheet Piling version 20.2 Date : 5/2/2022 Time: 2:17:18 PM

Problem identification INFR211019 Vervangen damwanden Cromvliet Noordzijde

#### Stage 4: Eindsituatie

|                         |        |       |
|-------------------------|--------|-------|
| Height of anchor wall   | 0,49   | [m]   |
| Anchor wall bottom      | -3,25  | [m]   |
| Anchor wall top         | -2,75  | [m]   |
| Length of anchor        | 6,50   | [m]   |
| Cross section of anchor | 224,00 | [mm²] |

Anchorage is: short anchorage

#### Results Kranz calculation:

|                     |      |          |       |
|---------------------|------|----------|-------|
| Sheet piling active | (Ea) | 69,132   | [kN]  |
| Horizontal force    | (Er) | -160,973 | [kN]  |
| Anchor wall active  | (Eo) | 143,047  | [kN]  |
| Cohesion x length   | (Ec) | 0,000    | [kN]  |
| Factor due to angle | (Es) | 1,147    | [ - ] |

Characteristic Kranz anchor strength  
 $R_{kr,k} = (Ea - (Er + Eo) + Ec) / Es$   
 75,891 [kN]

WARNING: The characteristic Kranz anchor strength is calculated WITH loads.

#### Control of anchor (art. 9.7.2(a) NEN 9997-1:2016):

|                                                     |        |      |
|-----------------------------------------------------|--------|------|
| Characteristic Kranz anchor strength ( $R_{kr,k}$ ) | 75,891 | [kN] |
| Actual anchor force CUR (1.5 * Pmax)                | 65,737 | [kN] |

MET according to CUR/EC7-NL

#### End of anchor force verification

Figuur 3.1: Uitvoer D-Sheet Piling Kranz stabiliteit

### 3.4. Ontwerptoetsingen kunststof damwand zuidzijde

De beschoeiing is gemodelleerd in D-Sheet Piling. Een uitvoer van deze berekeningen is opgenomen in bijlage C. Een samenvatting van de belangrijkste resultaten is opgenomen in Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Samenvatting berekening resultaten kunststof beschoeiing D-Sheet Piling

| Maximale snedekracht |                 |         | Snedes talud | Snedes hoge tuinen | Snedes lage tuinen |
|----------------------|-----------------|---------|--------------|--------------------|--------------------|
| Moment               | M <sub>ed</sub> | [kNm/m] | 22,73        | 26,35              | 14,65              |



| Maximale snedekracht |          |        | Snede talud | Snede hoge tuinen | Snede lage tuinen |
|----------------------|----------|--------|-------------|-------------------|-------------------|
| Dwarskracht          | $V_{ed}$ | [kN/m] | 29,81       | 33,98             | 19,88             |
| Vervorming (BGT)     | $\delta$ | [mm]   | 17,0        | 21,5              | 10,7              |
| Ankerkracht          |          |        | 50,34       | 53,08             | 32,51             |

#### 3.4.1. Beschoeiing

##### Gecombineerd profiel

De rekenwaarde van het maximale moment in de constructie bedraagt 26,35 kNm/m. Het opneembare moment van de palen (sterkteklasse S355) het de kunststof schotten bedraagt 56,53 kNm/m zoals opgenomen in bijlage F. De unitycheck van de beschoeiing bedraagt  $26,35/56,53=0,47 \rightarrow$  het ontwerp voldoet.

##### Palen

De rekenwaarde van het maximale moment in de palen bedraagt 14,45 kNm/m. Het opneembare moment van de palen (sterkteklasse S355) bedraagt 36,29 kNm/m zoals opgenomen in bijlage F. De unitycheck van de palen bedraagt  $14,45/36,29=0,40 \rightarrow$  het ontwerp voldoet.

#### 3.4.2. Verankering

De verankering is getoetst in bijlage G. Er is gerekend met de volgende maatgevende ankerkrachten:

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $P_{\max;\text{geo}}$   | 304 kN |
| $P_{\max;\text{staal}}$ | 345 kN |

De maatgevende toets is de sterkte van de ankervoet welke met een unitycheck van 0,88 voldoet.

#### 3.4.3. Vervorming

De uitbuiging van de constructie bedraagt in de BGT situatie maximaal 22 mm. Deze vervorming is acceptabel en zal niet tot verdere problemen leiden.

#### 3.4.4. Algehele stabiliteit

De algehele stabiliteit van de constructie is getoetst met de Bishop methode in D-Sheet Piling. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.6. Te zien is dat de stabiliteitsfactor groter is dan de eis ( $SF > 1,0$ ).

Tabel 3.8: Overzicht algehele stabiliteit damwandconstructie

| Fase      | Stabiliteitsfactor<br>Snede talud | Stabiliteitsfactor<br>Snede hoge tuinen | Stabiliteitsfactor<br>Snede lage tuinen |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Aanvullen | 2,15                              | 2,29                                    | 2,29                                    |
| Belasting | 2,15                              | 2,29                                    | 2,29                                    |

#### 3.4.5. Kranz stabiliteit



Naast de controle op algehele stabiliteit dient de Kranz stabiliteit onderzocht te worden. Door te voldoen aan het criterium van Kranz wordt voorkomen dat de constructie inclusief anker afschuift langs een recht glijvlak. Kranz stabiliteit is getoetst in de eindsituatie. De resultaten van de controle van de berekende constructie zijn opgenomen in Figuur 3.2, de controle is uitgevoerd met D-Sheet Piling.

## Verification anchor force

D-Sheet Piling version 20.2      Date : 5/3/2022      Time: 2:04:19 PM

Problem identification      INFR201035 Kadeverbetering Oudshoorn-Zuid  
Definitief ontwerp      Duikerconstructie

### Stage 4: Eindsituatie

|                         |   |        |                    |
|-------------------------|---|--------|--------------------|
| Height of anchor wall   | : | 0,49   | [m]                |
| Anchor wall bottom      | : | -3,00  | [m]                |
| Anchor wall top         | : | -2,50  | [m]                |
| Length of anchor        | : | 6,00   | [m]                |
| Cross section of anchor | : | 299,00 | [mm <sup>2</sup> ] |

Anchorage is: short anchorage

### Results Kranz calculation:

|                     |        |         |       |
|---------------------|--------|---------|-------|
| Sheet piling active | (Ea) : | 90,418  | [kN]  |
| Horizontal force    | (Er) : | -99,289 | [kN]  |
| Anchor wall active  | (Eo) : | 102,932 | [kN]  |
| Cohesion x length   | (Ec) : | 0,000   | [kN]  |
| Factor due to angle | (Es) : | 1,010   | [ - ] |

|                                         |   |        |      |
|-----------------------------------------|---|--------|------|
| Characteristic Kranz anchor strength    |   |        |      |
| $R_{kr,k} = (Ea - (Er + Eo) + Ec) / Es$ | : | 85,953 | [kN] |

WARNING: The characteristic Kranz anchor strength is calculated WITH loads.

### Control of anchor (art. 9.7.2(a) NEN 9997-1:2016):

|                                                     |   |        |      |
|-----------------------------------------------------|---|--------|------|
| Characteristic Kranz anchor strength ( $R_{kr,k}$ ) | : | 85,953 | [kN] |
| Actual anchor force CUR ( $1.5 * P_{max}$ )         | : | 79,618 | [kN] |

MET according to CUR/EC7-NL

### End of anchor force verification

Figuur 3.2: Uitvoer D-Sheet Piling Kranz stabiliteit



## 4 Conclusie en aanbeveling

---

### 4.1. Conclusie

De bestaande verankerde houten damwand langs de Cromvliet dient vervangen te worden. Hiervoor zijn twee verschillende constructies uitgewerkt, één voor het noordelijke deel en één voor het zuidelijke deel. Dit betreffen:

- Voor het noordelijke deel een nieuwe kunststof beschoeiing bestaande uit een Prolock damwand met houten palen. De beschoeiing wordt verankerd met klapankers welke 4 meter hart op hart geplaatst worden. De nieuwe damwand wordt ter plaatse van de woningen voor de bestaande damwand geplaatst om geen grondwerk in de tuinen te hebben. Ter plaatse van het talud zal een ontlastsleuf aangebracht worden en wordt de nieuwe damwand achter de bestaande damwand geplaatst om de doorstroomoppervlakte van het water niet te vernauwen.
- Voor het zuidelijke deel een nieuwe kunststof beschoeiing bestaande uit een Prolock damwand met stalen palen. De beschoeiing wordt verankerd met klapankers welke 3 meter hart op hart geplaatst worden. De nieuwe damwand wordt ter plaatse van de woningen voor de bestaande damwand geplaatst om geen grondwerk in de tuinen te hebben. Ter plaatse van het talud zal een ontlastsleuf aangebracht worden en wordt de nieuwe damwand achter de bestaande damwand geplaatst om de doorstroomoppervlakte van het water niet te vernauwen.

Het principe is uitgewerkt op tekening INFR211019-001 zoals opgenomen in bijlage A.

### 4.2. Aanbevelingen

Voor de uitvoering is het minimaal nodig om de onderstaande aanbevelingen en aandachtspunten te beschouwen:

- De ankergording dient de opdrachtnemer gedimensioneerd te worden te worden.
- De detaillering van de ankerplaat dient door de opdrachtnemer uitgewerkt te worden.



## BIJLAGEN

### A. Constructie tekeningen



## **B.**      Uitvoer D-Sheet Piling berekening kunststof constructie noordzijde

### **B.1.**      *Snede talud*



## **B.2.     *Snede hoge tuinen***



### **B.3.     *Snede lage tuinen***



## **C.**      Uitvoer D-Sheet Piling berekening kunststof constructie zuidzijde

### **C.1.**      *Snede talud*



## **C.2.     *Snede hoge tuinen***



### **C.3.      *Snede lage tuinen***



## D. Eigenschappen kunststof damwand + houten palen



## E. Toets verankering kunststof damwand + houten palen



## F. Eigenschappen kunststof damwand + stalen palen



## **G.** Toets verankering kunststof damwand + stalen palen



Waarderweg 40  
2031 BP Haarlem  
Nederland

Pettelaarpark 10-15  
5216 PD 's-Hertogenbosch  
Nederland

Nevelgaarde 10  
3436 ZZ Nieuwegein  
Nederland

**iv-infra b.v.**  
Trapezium 322  
3364 DL Sliedrecht  
Nederland

Trompstraat 36a  
9190 Stekene  
België

Westervoortsedijk 73  
Gebouw CB  
6827 AV Arnhem  
Nederland

[www.iv-infra.nl](http://www.iv-infra.nl)  
Telefoon +31 88 943 3200  
Postbus 135  
3360 AC Sliedrecht  
[officemanagement@iv-infra.nl](mailto:officemanagement@iv-infra.nl)