

## DO Ontwerpnota getrapte bekleding

**Projectnaam:** Havendijk Den Oever  
**Overeenkomst:** Engineering & Construct Dijkversterking Den Oever  
**Opdrachtgever:** Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
**Projectnummer:** 154670  
**Opdrachtnemer:** Van Oord Nederland B.V.

**Documentcode:** 154670-REA-ENG-188  
**Werkpakket:** WP-4-1-5 DO Getrapte bekleding  
**Objectnummer:** S1.1.02 Dijkbekleding  
**Activiteitnummer:** A5.1.4 (OW) Opstellen van ontwerpnota DO  
**Status:** Definitief  
**Revisie:** 2.0 - 24-02-2017  
**Aantal pagina's:** 74 (exclusief bijlagen)

| Rev. no. | Verificatie                       |               | Goedkeuring |            |
|----------|-----------------------------------|---------------|-------------|------------|
|          |                                   |               | initialen   | datum      |
|          | Opsteller                         | C. Kuiper     | CKU         | 24/02/2017 |
|          | Ontwerpview door                  | G. Smith      | GSM         | 24/02/2017 |
|          | Procescontrole door procesmanager | E. van Wichen | EVW         | 24/02/2017 |
|          | Autorisatie door projectmanager   | W. Bontenbal  | WUB         | 24/02/2017 |

| Acceptatie        |                      |  |   |          |
|-------------------|----------------------|--|---|----------|
|                   | Geaccepteerd door OG |  |   | N.v.t.   |
| Vrijgave document |                      |  |   |          |
|                   | Vrijgave             |  | ✓ | 24/02/17 |

| Documenthistorie |            |                                                                    |
|------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|
| Rev.no.          | Datum      | Omschrijving                                                       |
| 1.0              | 31/01/2017 | Definitief ter toetsing                                            |
| 2.0              | 24/02/2017 | Verwerking opmerkingen HHNK en aanpassingen o.b.v. vooroverleg ENW |

## INHOUDSOPGAVE

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INHOUDSOPGAVE .....</b>                                             | <b>2</b>  |
| <b>1.    Introductie.....</b>                                          | <b>4</b>  |
| 1.1      Projectomschrijving .....                                     | 4         |
| 1.2      Voorontwerp en Optimalisatieregeling .....                    | 5         |
| 1.3      Object en scopeomschrijving .....                             | 5         |
| 1.4      Documenten welke onderdeel zijn van dit ontwerp .....         | 6         |
| 1.5      Leeswijzer .....                                              | 7         |
| <b>2.    Ontwerp.....</b>                                              | <b>9</b>  |
| 2.1      Secties.....                                                  | 9         |
| 2.2      Gehanteerde uitgangspunten, randvoorwaarden en aannames ..... | 12        |
| 2.3      Algemene Ontwerpkeuzes en ontwerpbeslissingen .....           | 12        |
| 2.4      Omgang ENW Advies 2014 .....                                  | 14        |
| 2.5      Blokoptimalisatie .....                                       | 15        |
| 2.6      Ontwerpberekeningen.....                                      | 16        |
| 2.6.1      Toplaagstabiliteit elementen getrapte bekleding .....       | 18        |
| 2.6.2      Overige faalmechanismen.....                                | 40        |
| 2.6.3      Kruinblok.....                                              | 42        |
| 2.7      Overgangsconstructies .....                                   | 43        |
| 2.8      Niet waterkerende objecten (NWO) .....                        | 48        |
| 2.9      Beheer & Onderhoud .....                                      | 49        |
| 2.10     Visualisaties .....                                           | 51        |
| <b>3.    Risico's &amp; Raakvlakken .....</b>                          | <b>53</b> |
| 3.1      Risico's .....                                                | 53        |
| 3.2      Raakvlakken.....                                              | 53        |
| <b>4.    Uitvoering, Fasering &amp; Omgeving .....</b>                 | <b>54</b> |
| 4.1      Uitvoering en Fasering .....                                  | 54        |
| 4.2      Monitoring.....                                               | 54        |
| 4.3      Eisen en randvoorwaarden realisatie.....                      | 54        |
| <b>5.    Veiligheid .....</b>                                          | <b>56</b> |
| 5.1      Constructieve Veiligheid.....                                 | 56        |
| 5.2      Arbeidsveiligheid .....                                       | 56        |
| <b>6.    Specificaties .....</b>                                       | <b>57</b> |
| 6.1      Beton .....                                                   | 57        |
| 6.2      Granulair filter materiaal.....                               | 57        |
| 6.3      Geotextiel .....                                              | 57        |
| <b>7.    Referenties.....</b>                                          | <b>58</b> |
| 7.1      Bindende documenten .....                                     | 58        |
| 7.2      Informatieve documenten.....                                  | 58        |

---

|                 |                                       |           |
|-----------------|---------------------------------------|-----------|
| 7.3             | Ontwerprapporten en Standaarden ..... | 58        |
| 7.4             | Van Oord documenten .....             | 59        |
| <b>Bijlagen</b> | .....                                 | <b>60</b> |

# 1. INTRODUCTIE

## 1.1 Projectomschrijving

De Havendijk in Den Oever is in de tweede landelijke toetsronde van primaire waterkeringen over een lengte van circa 900 meter afgekeurd op het faalmechanisme “golfoverslag”, dit betekent dat de dijk onvoldoende hoog is. De dijk is daarom opgenomen in het tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP-2). Uitgangspunt daarbij is dat de dijk integraal dient te worden versterkt voor een planperiode van 50 jaar (constructies 100 jaar). Dat betekent dat naast het aanpassen van de hoogte ook maatregelen getroffen moeten worden voor onder andere piping, macrostabiliteit en bekleding.

De Havendijk in Den Oever vormt samen met de Waddenzeedijk en de IJsselmeerdijk een gesloten waterkering voor het dijkkringgebied 12, ‘Wieringen en Wieringermeer’. Deze dijken zorgen samen voor de veiligheid van het achterland tegen overstromen vanuit de Waddenzee en het IJsselmeer. Het dijktraject van dit project omvat de kade langs de Vissers- en Noorderhaven en bestaat uit de Havendijk A & B en een deel van Dam 11, zie Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht project gebied.

Op hoofdlijnen worden de volgende werkzaamheden uitgevoerd in het kader van dit project:

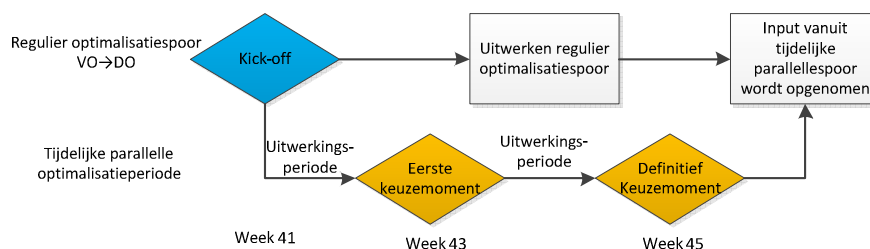
- Realiseren ca 550m nieuwe kadeconstructie (Vissershaven)
- Aanvullen nieuw kadeterrein en deels ophogen van het terrein
- Aanleggen nieuwe bestrating en vervangen wegen/fietspaden
- Dijkversterking over ca 900m (Havendijk A & B) bestaande uit:
  - Verbreding en ophoging met grond
  - Aanbrengen verticale constructies in de binnenteen en buitenteen
  - Buitentalud bekleden met getrapte betonconstructie (Havendijk A)
  - Aanbrengen betonnen onderhoudsberm op de kruin (Havendijk A)
- Vervangen bestaande coupure in de dijk
- Diverse (infrastructurele) inrichtingswerkzaamheden



## 1.2 Voorontwerp en Optimalisatieregeling

Voor het project Havendijk Den Oever is door HHNK een Voorlopig Ontwerp (VO) opgesteld waarbinnen optimalisaties mogelijk zijn. HHNK heeft de inschrijvers voor het project derhalve gevraagd een Technisch-/Optimalisatieplan in te dienen waarin zij aangeven hoe zij optimalisaties na gunning gaan uitvoeren. Het Technisch-/Optimalisatieplan was een onderdeel van de EMVI beoordeling.

Van Oord heeft aangeboden twee optimalisatiesporen te volgen om tot een uitgewerkt Definitief Ontwerp (DO) te komen. Het voorliggende rapport is het resultaat van het volgen van de twee optimalisatiesporen.



Figuur 2: Optimalisatiesporen

In het reguliere optimalisatiespoor van VO naar DO is gedetailleerder gekeken naar de bestaande lokale versterkingsmaatregelen, en zijn optimalisaties, die passen binnen de ontwerpfilosofie van het VO uitgewerkt.

Daarnaast zijn in een tijdelijke parallelle optimalisatieperiode optimalisaties uitgewerkt die (net iets) verder af staan van de bestaande VO-ontwerpfilosofie. In overleg met HHNK zijn een aantal van deze uitgewerkte optimalisaties gekozen die onderdeel uitmaken van het voorliggende DO.

Voor de getrapte bekleding is in het parallelle optimalisatiespoor gekozen voor het Van Oord element.

## 1.3 Object en scopeomschrijving

Deze ontwerpnota beschrijft het DO van de getrapte bekleding van Havendijk A.

Het object getrapte bekleding omvat de betonnen elementen (prefab en in-situ), inclusief filterconstructie, op het zeewaartse talud en de kruin van Havendijk A. Het object wordt aan de zeewaartse zijde opgesloten door een verticale damwand en aan de binnenzijde van de kruin door het binnentalud.

De scope van deze ontwerpnota is het uitwerken van het hydraulisch ontwerp van het object getrapte bekleding, zoals dat is voorgeschreven in de Ontwerpmethodiek getrapte bekleding (Ref. I). Het geotechnisch ontwerp, stabiliteit van het binnentalud en de zettingsanalyse van het dijklichaam worden beschreven in de Ontwerpnota Dijken, kades, Getrapte bekleding (Ref.XXII).

De gealloceerde eisen aan de getrapte bekleding zijn opgenomen in het Verificatie plan getrapte bekleding (Ref. XXIII).

## 1.4 Documenten welke onderdeel zijn van dit ontwerp

Deze ontwerpnota beschrijft het hydraulisch en constructieve DO van de getrapte bekleding voor Havendijk A. Deze ontwerpnota is onderdeel van het DO Havendijk Den Oever. De ontwerpnota dient gezamenlijk gelezen te worden met de 'Uitgangspuntennota verharde bekleding' (Ref. XX), bijgevoegd in Bijlage 1.

Hieronder is een overzicht gegeven van alle DO documentatie in Tabel 1 (rapporten). Tabel 2 geeft de lijst met tekeningen weer die betrekking hebben op de getrapte bekleding. Tekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2 van deze ontwerpnota.

| Referentie         | Rapporttitel                                                 | Onderdelen                                                               |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 154670-REA-ENG-101 | Ontwerpnota DO Dijken en Kades                               | Stabiliteit grondlichaam en kadeconstructies, Havendijk A en Havendijk B |
| 154670-REA-ENG-188 | DO Ontwerpnota getrapte bekleding                            | Havendijk A, Getrapte bekleding, filterconstructie, teenconstructie      |
| 154670-REA-ENG-260 | Toetsmethodiek getrapte bekleding                            | Havendijk A, getrapte bekleding                                          |
| 154670-REA-ENG-258 | Ontwerpnota DO Coupure                                       | Coupure                                                                  |
| 154670-REA-ENG-259 | Ontwerpnota DO verkeerskundige inrichting en openbare ruimte |                                                                          |

Tabel 1: Lijst met DO documenten (rapporten).

| Tekeningnummer                   | Tekeningtitel                                                                                         |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15.4670_WP-4-1-5-5001<br>Blad 1  | Bovenaanzicht elementtypen getrapte bekleding en locatie doorsnedes, Doorsnede HA-01 tot en met HA-06 |
| 15.4670_WP-4-1-5-5001<br>Blad 2  | Bovenaanzicht elementtypen getrapte bekleding en locatie doorsnedes Doorsnede HA-06 tot en met HA11   |
| 15.4670_WP-4-1-5-5001<br>Blad 3  | Bovenaanzicht elementtypen getrapte bekleding en locatie doorsnedes Doorsnede HA-10 tot en met HA-12  |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 1  | Doorsnede HA-01                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 2  | Doorsnede HA-02                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 3  | Doorsnede HA-03                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 4  | Doorsnede HA-04                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 5  | Doorsnede HA-05                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 6  | Doorsnede HA-06                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 7  | Doorsnede HA-07                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 8  | Doorsnede HA-08                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 9  | Doorsnede HA-09                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 10 | Doorsnede HA-10                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 11 | Doorsnede HA-11                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5003<br>Blad 12 | Doorsnede HA-12                                                                                       |
| 15.4670_WP-4-1-5-5000            | Details getrapte bekleding individuele blokken                                                        |

Tabel 2: Lijst met DO documenten (tekeningen) die betrekking hebben op getrapte bekleding. Tekeningen zijn toegevoegd in Bijlage 2 van deze ontwerpnota.

De configuratie van de elementen zoals weergegeven in de bovenaanzichten is nog niet definitief. Dit betekent dat het aantal en de exacte locatie van de trapezium vormige elementen van de getrapte bekleding in het UO kan afwijken om een betere inpassing van de elementen in de bochtstralen te krijgen. De definitieve configuratie wordt gepresenteerd in het UO.

## 1.5 Leeswijzer

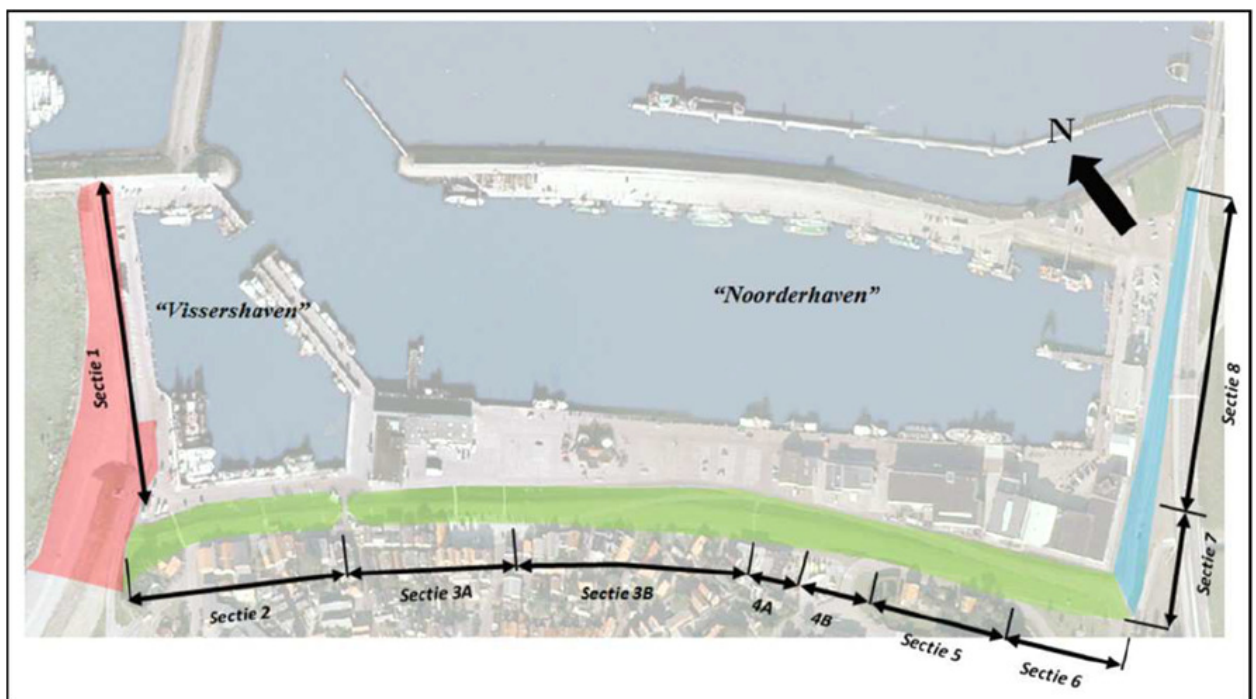
Hoofdstuk 2 beschrijft de aannames uitgangspunten en berekeningsresultaten van de getrapte bekleding. Het ontwerp is gedaan volgens de voorgeschreven ontwerpmethodiek getrapte bekleding (Ref. I). De essentie van deze methodiek is gegeven in paragraaf 2.6, Figuur 9. De risico's en risicovolle raakvlakken van de getrapte bekledingen met andere onderdelen van de Havendijk zijn opgesomd in Hoofdstuk 3. De fasering en eisen vanuit het DO aan de realisatie zijn opgenomen in Hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5 beschrijft de veiligheidsaspecten tijdens de uitvoering en de materiaal specificaties die volgen uit het DO zijn opgenomen in Hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 beschrijft de referenties die gebruikt zijn in dit DO.

## 2. ONTWERP

### 2.1 Secties

In Figuur 3 is een situatieschets gegeven met daarin de verschillende secties. De getrapte bekleding bevindt zich op het buitentalud en de kruin van Sectie 2 tot en met Sectie 6 van Havendijk A (in de Figuur 3 aangegeven in het groen).



Figuur 3: Situatieschets inclusief secties.

De getrapte bekleding op het buitentalud heeft als functie om het golfoverslagdebiet te verminderen. De ruwheid van de elementen van de getrapte bekleding geven een significant grotere reductie van de golfloop in vergelijking met reguliere steenzettingen en daarom zorgt toepassing van de getrapte bekleding ervoor dat benodigde extra kruinhoogte en daarmee de footprint van de dijk fors gereduceerd kan worden in vergelijking met reguliere dijkbekledingen. Een getrapte bekleding bestaat uit trapvormige elementen met een bepaalde hoogte. Door de verticale aantrede wordt de golfloop geremd.

In het vervolg van dit document wordt met getrapte bekleding de bekleding op het talud aangeduid en wordt de bekleding op de kruin aangeduid met het kruinblok. Boven op het kruinblok is een pasblok aanwezig. Een definitieschets is gegeven in Figuur 4.

In het VO zijn per sectie één of meerdere doorsneden gedefinieerd. Dit definitief ontwerp beschouwt voor de gehele Havendijk A drie additionele doorsneden. In Bijlage 2 is een overzichtstekening gegeven

met de locaties van de doorsnedes die in het DO zijn beschouwd. Een overzicht van de beschouwde doorsnedes is opgenomen in Tabel 3. De tweede kolom geeft tussen haakjes de benaming die in het VO is gehanteerd.

| Sectie | Benaming in DO | Beschouwd in VO |
|--------|----------------|-----------------|
| 2      | HA-01          | Ja              |
|        | HA-02          | Nee             |
|        | HA-03          | Ja              |
| 3A     | HA-04          | Ja              |
|        | HA-05          | Nee             |
| 3B     | HA-06          | Ja              |
|        | HA-07          | Nee             |
| 4A     | HA-08          | Ja              |
| 4B     | HA-09          | Ja              |
| 5      | HA-10 (5.1)    | Ja              |
|        | HA-11 (5.2)    | Ja              |
| 6      | HA-12 (6)      | Ja              |

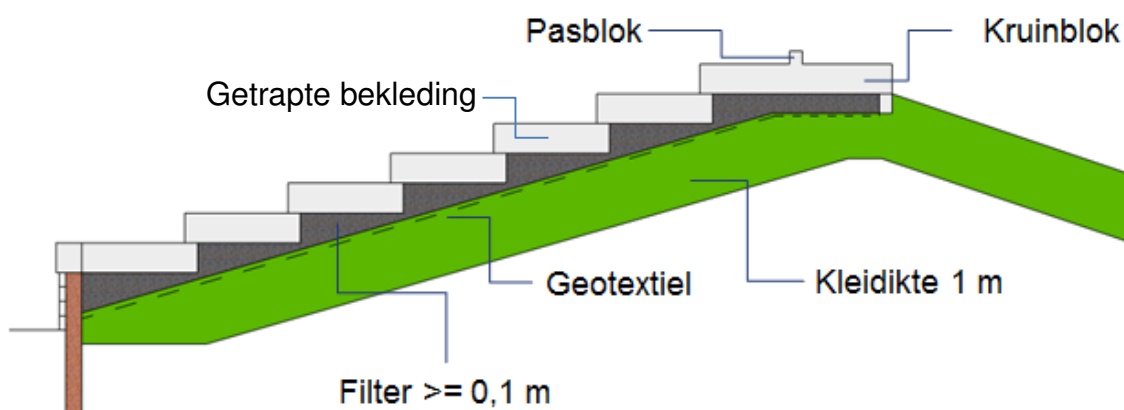
Tabel 3: Beschouwde secties met benaming.

In dwarsprofiel HA-11 en HA-12 is de getrapte bekleding beperkt aanwezig. In HA-11 is het enige element van de getrapte bekleding ingesloten door de damwand bij de teen en bij HA-12 is alleen een kruinblok aanwezig. Indien HA-10 voldoet kan geconcludeerd worden dat HA-11 en HA-12 ook voldoen. Bij beiden ligt de getrapte bekleding ruim boven (> 1,0 m) maatgevend hoogwater en daarom zullen deze twee doorsnedes wat betreft de stabiliteit van het element in het DO niet verder gedetailleerd worden.

De locatie waar de getrapte bekleding wordt toegepast en de geometrie van de doorsnedes met daarop de getrapte bekleding is in het DO ongewijzigd ten opzichte van het VO. De verschillende onderdelen van de getrapte bekleding laten zich als volgt typeren (Figuur 4):

- Toplaag: bestaat uit blokvormige bekledingselementen van beton met een vaste hoogte en een variërende lengte en breedte. De elementen zijn onderling niet verbonden maar ontleen stabiliteit aan het gewicht van het element en de onderlinge samenhang. Naastliggende elementen sluiten nauw op elkaar aan en bovenliggende elementen overlappen.
- Granulaire laag: bestaat uit steenslag. De steenslag is vooral van belang vanwege uitvoeringsaspecten (nauwkeurig plaatsen) en dient daarom vooral als uitvullaag maar ook als filter. De dikte van de granulaire laag varieert als gevolg van de vorm van de elementen (getrapte vorm).
- Geokunststof: het geokunststof heeft een filterfunctie en is daarom grond dicht en waterdoorlatend.

- Ondergrond: bestaat uit een kleilaag met een dikte van minimaal 1 m (eis S1.A.009.1). Deze kleilaag maakt de bekleding ondoorlatend en draagt bij aan de weerstand tegen afschuiving. De kern van de dijk bestaat uit zand.



Figuur 4: Principeschets opbouw getrapte bekleding

De toplaagelementen bestaan uit de volgende verschillende onderdelen:

- De elementen (traden) zijn opgebouwd uit ongewapend beton;
- Een kruinblok, blok van gewapend beton;
- Een pasblok; dit pasblok is geïntegreerd met het kruinblok.

Algemene kenmerken van de toplaag van de getrapte bekleding zijn weergegeven in Tabel 4.

| Onderdeel                    | Hoogte                            | Breedte                     | Lengte                      | Materiaal                                            |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| Elementen getrapte bekleding | 0,46 m<br>(eis S.1.1.2.3.S.001)   | 1,35 – 2,04 m<br>(Variabel) | Circa 1 - 2 m<br>(Variabel) | Beton<br>(ongewapend)                                |
| Kruinblok                    | 0,46 m<br>(eis S.1.1.2.2.S.001)   | 3,00 m<br>(eis S1.A.007.4)  | Circa 2 m<br>(Variabel)     | Beton (gewapend)                                     |
| Pasblok                      | $\leq 0,20$ m<br>(eis S1.1.A.003) | 0,20 m<br>(eis S1.1.A.003)  | Circa 2 m<br>(Variabel)     | Beton (gewapend<br>en geïntegreerd<br>met kruinblok) |

Tabel 4: Algemene kenmerken getrapte bekleding.

De lengte, parallel aan de Havendijk, van de verschillende onderdelen van de getrapte bekleding varieert van minimaal 1 tot 2 m. Deze lengte wordt bepaald door de benodigde open ruimte om water drukken te verminderen alsmede de flexibiliteit om de boogstraal die Havendijk A maakt beter te kunnen volgen zonder te grote spleten tussen de individuele elementen te krijgen. De ontwerpmethodiek specificeert dat de bloklengte groter moet zijn dan 0,7 m, omdat anders de berekende krachten niet kunnen worden uitgemiddeld over de lengte van het blok. Op enkele locaties is het nodig om aanvullende maatregelen te treffen om de spleetbreedtes niet te groot te laten worden omdat de bochtstraal daar krap is. Daarom worden sommige elementen uitgevoerd als een trapeziumvormig element. Op rechte dijksecties wordt een rechthoekig element toegepast. De spleetbreedte tussen de verschillende elementen moet kleiner, of gelijk, zijn aan 20 mm ( $\leq 20$  mm) (Ref. XX, Tabel 8), gemeten aan de zeewaartse zijde van het element.

Naast een waterveiligheidsfunctie heeft de getrapte bekleding een functie als tribune voor evenement en is de *kruin* van Havendijk A ingericht als wandelroute (eis S1.1.R.001). Daarom is de maximale helling van de kruin in de langs richting flauwer dan 1:20 in verband met de beloopbaarheid (eis S.1.1.2.3.S.007). Vanuit publieke functie mogen de *elementen van de getrapte bekleding* (exclusief de kruin) in langrichting niet steiler zijn 1:25 (Ref. I). Deze functie geeft ook aan dat plasvorming voorkomen dient te worden.

## 2.2 Gehanteerde uitgangspunten, randvoorwaarden en aannames

In de 'Uitgangspuntennota verharde bekleding' (Ref. XX) zijn de gehanteerde uitgangspunten, randvoorwaarden en aannames opgenomen die van toepassing zijn voor het ontwerp van de getrapte bekleding. Voor de meest relevante uitgangspunten is in Tabel 5 een specifieke verwijzing opgenomen.

| Uitgangspunt                 | Toelichting                                        | Referentie              |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| Geometrie                    | Taludhellingen, type dijkbekleding en kruinhoogten | Ref. XX, Tabel 12       |
| Hydraulische randvoorwaarden | Waterstanden en golfrandvoorwaarden                | Ref. XX, §3.1           |
| Overslagdebiet               | Gemiddeld overslagdebiet                           | Ref. XX, Tabel 6 & §5.1 |
| Verschuivingsvorm            | Uitstraling en materialisatie                      | Ref. II                 |

Tabel 5: Verwijzing naar de meest relevante uitgangspunten.

De geometrie uit het VO is gehandhaafd in het DO. Dit is gewaarborgd door de geometrie van de getrapte bekleding te hanteren conform paragraaf 5.1 van de uitgangspuntennota verharde bekleding (Ref. XX). Hierdoor wordt tevens voldaan aan eisen voor de ruwheid zoals gegeven in Tabel 15 van de oplegnotitie 2060-2070 (Ref. III) die nodig is om de golfoverslag te beperken tot  $q \leq 1 \text{ l/s/m}$  (eis BIN-01155). Doordat de kerende hoogte van de Havendijk is ontworpen op de hoogte zoals gegeven per dijksectie in Tabel 12 van de uitgangspuntennota verharde bekleding (Ref. XX), wordt voldaan aan het gemiddelde overslagdebiet (eis BIN-01155).

In de 'Uitgangspuntennota verharde bekleding' (Ref. XX, Bijlage 1) is het toegepaste ontwerpsspoor gegeven voor de stabiliteit van de getrapte bekleding. De relevante aspecten uit de Ontwerpmethodiek getrapte bekleding (Ref. I) zijn in hierin overgenomen. Dit ontwerpsspoor is ook weergegeven in Figuur 9.

## 2.3 Algemene Ontwerpkeuzes en ontwerpbeslissingen

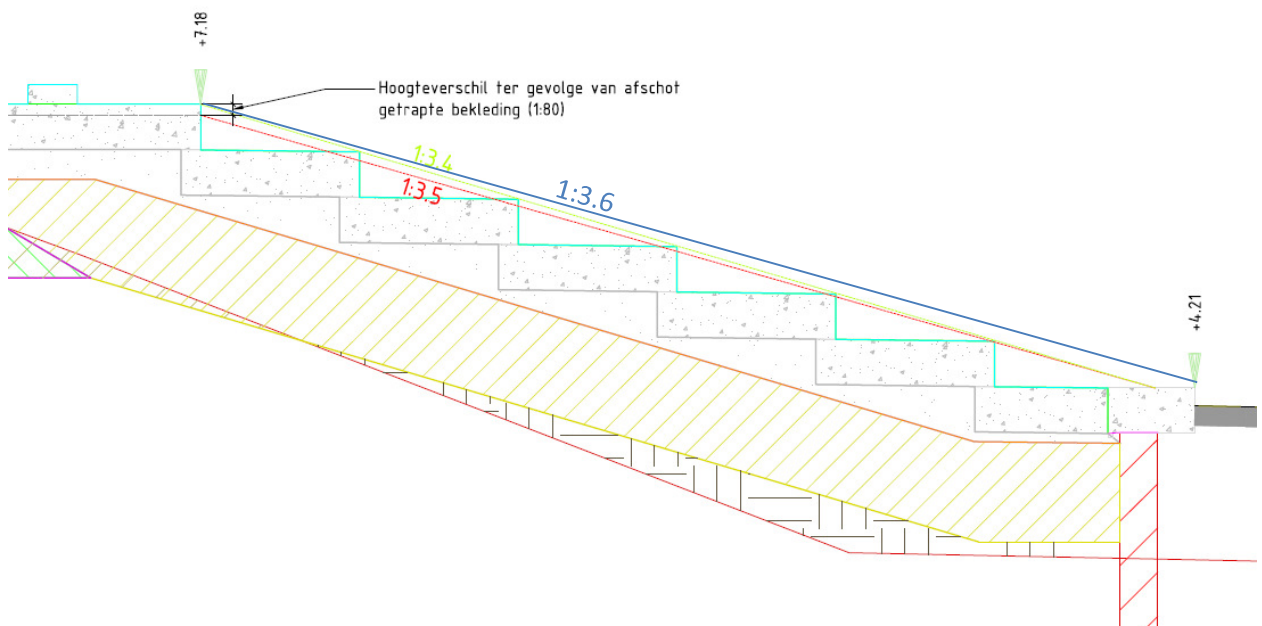
De berekende verschilzettingen tussen de kruin en de teen van de getrapte bekleding, zoals bepaald in het geotechnisch ontwerp van de dijk (Ref. XXII) zijn minimaal (orde 1 cm). HHNK heeft een praktisch afschot voorgesteld van 2 cm over een individueel element ter voorkoming van plasvorming op de treden. Dit komt overeen met een afschot van circa 1:80. Dit afschot van 1:80 is aangebracht richting de havenzijde en geldt voor alle elementen en alle secties van de getrapte bekleding op Havendijk A.



Op de bovenzijde van het kruinblok is in twee richtingen een afschot aangebracht van 1:80 (richting de havenkade en richting het binnentalud). In het midden van het kruinblok is een pasblok aangebracht van (gewapend) beton. Het pasblok is een integraal onderdeel van het kruinblok en is daardoor waterkerend.

De getrapte bekleding is in de langsrichting zo vloeiend mogelijk vormgegeven door aan te tonen dat:

- De overgangen ter plaatse van individuele elementen gedurende de levensduur  $\leq 29$  mm;
- De maaswijdte van sleuven en openingen  $\leq 20$  mm, gemeten aan de zeewaartse rand van de bekleding;
- De helling in de dwarsrichting  $\leq 1:50$  en het optredend zettingsverschil over een element  $< 50$  mm. Het toegepaste afschot van 1:80 voldoet hier aan;
- Het afschot van de individuele elementen van de getrapte bekleding resulteert in een steiler talud. De teen- en kruinlijn blijven op dezelfde plek en daardoor zal het kruinblok hoger komen te liggen. De kruinhoogte boven op het pasblok hoeft niet persé hoger te worden omdat de hoogte van het pasblok kan worden verminderd. Waar het past binnen de kaders van het Projectplan kan in het UO de hoogte van het pasblok gehandhaafd blijven op 0,20 m, resulterend in een hogere kruin. Deze kleine verhoging past ruim binnen de eis (eis S1.A.007.5) dat de kruinhoogte niet meer dan 1,5 m verhoogd mag worden. Het verschil in de taludhelling zoals gespecificeerd in paragraaf 5.1 van de uitgangspuntennota verharde bekleding (Ref. XX) en de taludhelling inclusief afschot in de elementen is klein zoals aangegeven in Figuur 5, en de verschillen vallen binnen de betrouwbaarheid van de berekeningsresultaten. De keuze voor de helling moet representatief zijn voor de schematisatie van de drukken. De voorgeschreven taludhelling uit de Uitgangspunten nota is nog steeds representatief voor de schematisatie van de elementen van de getrapte bekleding, ondanks deze kleine afwijkingen en vallen binnen de nauwkeurigheid van de berekeningen;
- De helling in de loopprijsrichting  $\leq 1:25$ .



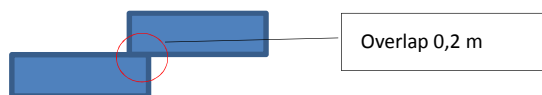
Figuur 5: Aanpassing taludhelling als gevolg van onder 1:80 afschot leggen van de elementen van de getrapte bekleding (voorbeeld Sectie 3B)

Daarnaast is er voor het overgangsprofiel tussen de kruin van de verschillende secties aangehouden:

- De helling in de looprichting moet flauwer zijn dan 1:20;
- De kerende hoogte is groter of gelijk dan de benodigde minimale kerende hoogte van een sectie;
- De taludhelling in de dwarsdoorsnede van de betreffende sectie is behouden gebleven;
- Een overhoogte heeft ten opzichte van de minimale kerende hoogte. Deze overhoogte moet gelijk zijn aan de berekende minimaal benodigde overhoogte van de desbetreffende sectie.

De geometrie uit het VO is gehandhaafd in het DO door de geometrie van de getrapte bekleding te hanteren conform paragraaf 5.1 van de uitgangspuntennota verharde bekleding (Ref. XX).

Tussen de individuele elementen is conform VO een overlap gehanteerd van 0,2 m (met een minimum van 0,15 m) dwars op de dijk zoals aangegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Principeschets overlap individuele elementen

Een minimale overlap blijft gewaarborgd doordat aangetoond is in deze ontwerpnota dat:

- De bekleding stabiel is onder de optredende hydraulische belastingen;
- Er wordt voldaan aan de gestelde zettingseisen;
- Geen scheurvorming optreedt ter plaatse van de overlap onder de optredende spanningen.

## 2.4 Omgang ENW Advies 2014

Het ENW oordeelde in 2014 positief over de keuze van HHNK voor een innovatieve bekleding. Er werden wel enkele aandachtspunten meegegeven. Deze paragraaf geeft een overzicht van de aandachtspunten en hoe deze zijn verwerkt in het DO van de getrapte bekleding.

Tijdens het VO zijn grootschalige golfploopproeven uitgevoerd. De ontwerpmethodiek geeft aan dat deze proeven niet dekkend zijn voor alle verschillende dijkprofielen die voorkomen in Havendijk A. De ontwerpmethodiek getrapte bekleding is daarom nog steeds grotendeels afhankelijk van empirische methoden voor het bepalen van de golfdrukken tegen de verticale zijden van de elementen van de getrapte bekleding. Het DO gebruikt de empirische methoden om de golfdrukken te bepalen. Ondanks de hoge belastingen die worden uitgerekend blijken deze niet maatgevend te zijn in het ontwerp.

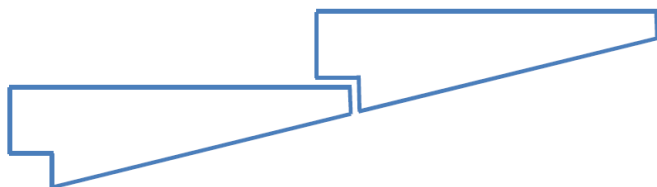
De ontwerpmethodiek getrapte heeft robuustheid ingebouwd door middel van voorgeschreven veiligheidsfactoren op de belasting. Daarnaast is de erosiebestendigheid van het binnentalud ontworpen voor een gemiddeld overslag debiet van  $q = 5 \text{ l/s/m}$ . De kruinhoogte is bepaald voor een gemiddeld overslagdebiet van  $q = 1 \text{ l/s/m}$ .

Verder heeft HHNK een analyse uitgevoerd naar scheepsbelasting. Hierbij is geconcludeerd dat gegeven de waterdiepte tijdens maatgevende omstandigheden scheepsaanvaring in principe mogelijk is. Deze aanvaring kan leiden tot schade maar niet direct tot falen. Beheersmaatregelen kunnen de kans op schade verder verminderen, bijvoorbeeld het verplaatsen van afmeerlocaties of het verplaatsen van schepen naar andere havens voorafgaand aan de storm. Dit moet vastgelegd worden in een calamiteitenplan. Dit advies is overgenomen in het DO.

Betonwapening moet voldoen aan de eisen voor zoute spray. Het DO heeft uitgewezen dat geen wapening benodigd is voor de elementen van de getrapte bekleding. Wapening wordt alleen toegepast in het kruinblok, vanwege de bovenbelasting door een maatgevend onderhoudsvoertuig. De elementen van de getrapte bekleding hebben een beperkte lengte gekregen (1,0 – 2,0 m) waardoor verschildozetten beter kunnen worden opgenomen. Een uitgebreide zettingsanalyse is uitgevoerd in de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII). De analyse wijst uit dat de te verwachten verschildozetten tussen kruin en teen gering zijn (orde 1 cm).

## 2.5 Blokoptimalisatie

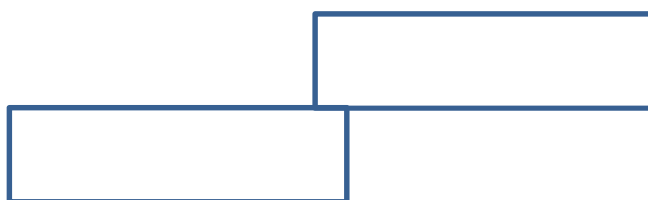
De ontwerpmethodiek getrapte bekleding is opgesteld op basis van een blok dat in het voorontwerp is gebruikt. Dit VO blok is weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Element getrapte bekleding zoals toegepast in het voorontwerp (VO blok)

Dit blok is bekeken in 2D doorsneden. Tijdens de 3D inpassing bleek al snel dat het alignement van Havendijk A diverse bochtstralen omvat. Daarnaast verloopt de breedte van de toe te passen elementen richting de wegoevergang ter plaatse van de aansluiting van Havendijk A en Havendijk B. Hierdoor is het niet mogelijk om bovenstaand blok toe te passen en tevens te voldoen aan de eisen voor geometrie en treehoogte. De elementgeometrie is daarom in overleg met HHNK aangepast. De voorgestelde vorm van het Van Oord blok is een rechthoekig element, waarmee meer vrijheid wordt verkregen om alle overgangsconstructies mogelijk te maken en tegelijkertijd de eisen aan treehoogte en geometrie te handhaven.

De typische oplossing zoals toegepast in DO is geschetst in Figuur 8.



Figuur 8: Element getrapte bekleding toegepast in DO (Van Oord blok)

De verandering in elementgeometrie heeft geen gevolgen voor de uiterlijke verschijningsvorm van de getrapte bekleding. Echter, de ontwerpmethodiek is niet één-op-één toepasbaar. De belangrijkste verschillen zijn:

- De filterlaagdikte is niet constant. De keuze voor de effectieve filterlaagdikte in de berekeningen moet gekozen worden op basis van de leklengte;
- Steentoets zoals gebruikt in het VO om de stabiliteit van individuele elementen te bepalen tijdens maximaal stijghoogte verschil is niet toepasbaar. De stabiliteit van een individueel element moet bekeken worden op basis van een krachten- en momenten evenwicht.

Beide mechanismen zijn nader uitgewerkt in paragraaf 2.6 en in Figuur 9.

## 2.6 Ontwerpberekeningen

De getrapte bekleding draagt bij aan de integrale veiligheid van Havendijk Den Oever. In totaal zijn de volgende vier bezwijkmechanismen te onderscheiden voor de getrapte bekleding bij een belasting door golven:

1. stabiliteitsverlies van individuele toplaagelementen (toplaaginstabiliteit);
2. afschuiven van de bekleding en/of de ondergrond;
3. materiaaltransport vanuit de ondergrond, onderlagen of granulaire lagen;
4. erosie/uitspoeling van de onderlagen.

De eerste drie hoofdfaalmechanismen leiden tot bezwijken van de toplaag maar nog niet direct tot falen van de dijk: daarvoor moet ook erosie van onderlagen en het dijklichaam plaatsvinden. Het faalmechanisme materiaaltransport wordt specifiek gekeken naar de erosie/uitspoeling van onderlagen. De vier hoofdfaalmechanismen zijn vertaald naar zes subfaalmechanismen:

1. toplaaginstabiliteit onder golfaanval;
2. toplaaginstabiliteit onder langsstroming;
3. afschuiving van de bekleding;
4. materiaaltransport vanuit de kern/onderlaag;
5. materiaaltransport vanuit het filter/granulaire laag;
6. erosie van de onderlagen.

Toplaaginstabiliteit onder langsstroming (subfaalmechanisme 2) wordt niet maatgevend geacht voor Havendijk Den Oever (Ref. I, §3.2). Langsstroming wordt over het algemeen alleen maatgevend geacht voor het rivierengebied. Den Oever ligt in het Waddenzee gebied en is afgeschermd door havendammen waardoor geen significante langsstroming wordt verwacht.

Erosie van de onderlagen (Subfaalmechanisme 6) wordt verhinderd door de kleilaag van 1,0 m die overal aanwezig is onder de getrapte bekleding. Het filter (geotextiel) is zo ontworpen dat erosie van de onderlagen niet optreedt. Beide subfaalmechanismen worden daarom niet verder beschouwd in het DO in lijn met het VO.

In de beschrijving van de ontwerpberekening is onderscheid gemaakt tussen topplaaginstabiliteit Paragraaf (2.6.1) en de overige faalmechanismen (Paragraaf 2.6.2). Topplaaginstabiliteit is afwijkend ten opzichte van de reguliere ontwerpberekeningen voor steenzettingen, doordat de getrapte bekleding een nieuw type bekleding is. In de 'Uitgangspuntennota verharde bekleding' (Ref. XX, Bijlage 1) is het toegepaste ontwerpschema gegeven voor het hydraulisch ontwerp van de getrapte bekleding op Havendijk A. Onder topplaaginstabiliteit wordt het ontwerpschema doorlopen. Voor de volledigheid is het ontwerpschema weergegeven in Figuur 9. Overgangs- en teenconstructies (Paragraaf 2.7) en niet waterkerende objecten (Paragraaf 2.8) zijn separaat behandeld.

| Ontwerpsporen getrapte bekleding                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stabiliteit getrapte bekleding (STBK)                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                            |
| <b>Faalmechanismen</b>                                                                                                                       | <b>Methode</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Veiligheid op de belasting</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Criterium voor beoordeling 'goed'</b>                                                                   |
| 1) Scheurvorming en opdrukken beschouwing plaatbekleding (Ontwerpmethodiek, §8.3.1)                                                          | Plaatbeschouwing, Spoor 2 uit CUR156 (Dichte toplaag in combinatie met een open filter en een dichte teenconstructie)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | - CUR156 specificeert golfhoopte, $H$ , als $1,4H_t$ . Dit kan opgevat worden als maatgevende golfhoopte. In dit rapport is de maatgevende golfhoopte gedefinieerd als $H_{max}$ weergegeven als $H_{0,1\%}$ . Deze is bepaald met Battjes Groenendijk (2000). Voor Havendijk A blijkt $H_{0,1\%}/H_t = 1,8$ een goede benadering.<br>- Veiligheid tussen de max. toelaatbare schuifspanning ( $\tau_{b,max}$ ) en de schuifspanning onder ontwerpomstandigheden ( $\tau_b$ ) $\geq 2,0$ (Ontwerpmethodiek, §6.3)<br>- Veiligheid tussen de max. toelaatbare buigtrekspanning ( $\sigma_{b,max}$ ) en de buigtrekspanning onder ontwerpomstandigheden ( $\sigma_b$ ) $\geq 2,0$ (Ontwerpmethodiek, §6.3) | - Schuifspanning: $\tau_{b,max}/\tau_b \geq 2,0$<br>- Buigtrekspanning: $\sigma_{b,max}/\sigma_b \geq 2,0$ |
| 2) Verticaal opdrukken individueel element ten gevolge van golfklap (Ontwerpmethodiek, §8.3.2)                                               | - Selecteer per doorsnede maatgevende Configuratie(s) uit de tabel van Bijlage III 'Uitgangspuntennota getrapte bekleding' om de quasi-statische golfbelasting te bepalen<br>- Statisch evenwichtsvergelijking op basis van stijghoogteverschil over de bekleding.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - Veiligheidsfactor op berekende golfdrukken van 1,25 (Ontwerpmethodiek, §6.3).<br>- Effect van bovenliggend blok niet meenemen in stabiliteitsbeschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $D_{benodigd} < D_{trapblok}$                                                                              |
| 3) Stabiliteit elementen in golfklapzone ten gevolge van golfterugtrekking (ontwerpmethodiek, §8.4.4)                                        | Ontwerpmethodiek gebruikt Steentoets voor het bepalen van de stabiliteit. Deze methodiek is niet toereikend voor elementen getrapte bekleding. Daarom wordt dit faalmecanisme nu opgesplitst in het bepalen van de stabiliteit ten tijde van het optreden van het maximale stijghoogteverschil over de toplaag. Daarbij worden dan het krachtenevenwicht- (Faalmecanisme 3a) en momentenevenwicht (Faalmecanisme 3b) bepaald.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                            |
| 3a) Horizontale verplaatsing individueel blok talud in ten gevolge van golfterugtrekking bij maximaal stijghoogteverschil over de bekleding. | - Bepaal met Steentoets de doorlatendheid van de toplaag (k'langsvoeg (=overlap) en k'stootvoeg (=blokdikte)).<br>- Bepaal de representatieve filterlaagdikte over de lek lengte (iteratief proces)<br>- Bereken Leklengte $\Delta$ met berekende toplaagdoorlatendheid<br>- Bepaal met de berekende lek lengte het stijghoogteverloop op de bekleding en in het filter met Berekeningsheet "stijghoogteverschil" (Ref. rapport "Kennisonwikkeling t.b.v. Steentoets2006")<br>- Gebruik het maximale stijghoogteverschil om de opwaartse druk aan de zeewaartse zijde van het blok te bepalen<br>- Gebruik stijghoogteverschil aan meest landwaartse punt van het blok zowel als horizontale druk tegen achterzijde blok als de opwaartse druk aan meest landwaartse punt van het blok en bepaal krachtenevenwicht<br>- $f_w = 0,58$ (Ontwerpmethodiek,<br>- Bepaal veiligheid tegen uitdrukken middels formule:<br>$\sigma F_s = \frac{(\sigma_{waterdruk} - P_{opwaartse}) \cdot f_w}{P_{afwegende}}$ | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\sigma F_s > 1,25$                                                                                        |
| 3b) Momenten evenwicht individueel blok ten gevolge van golfterugtrekking                                                                    | - Gebruik belastingen uit 3a) om momentenevenwicht van het blok te bepalen.<br>- Het maatgevende rotatiepunt is niet bij voorbaat bekend. Het ontwerp omvat een verificatie om verschillende rotatiepunten.<br>- Bepaal voor elk van de rotatiepunten de veiligheid tegen kantelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\sigma F_s = M_{tegenwerkend}/M_{aandrijvend} \geq 1,1$                                                   |
| 4) Horizontale verplaatsing individueel blok talud in ten gevolge van golfklap (Ontwerpmethodiek, §8.4.6)                                    | - Selecteer per doorsnede maatgevende Configuratie(s) uit de tabel van Bijlage III 'Uitgangspuntennota getrapte bekleding' om de quasi-statische golfbelasting te bepalen<br>- Bereken met de berekende golfbelasting op basis van statische belasting de resulterende blokverplaatsing met PLAXIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Veiligheidsfactor op berekende golfdrukken van 1,25 (Ontwerpmethodiek, §6.3).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | - Stabiliteitsfactor $> 1,0$ EN<br>- berekende verplaatsing $< 50$ mm                                      |
| 5) Beschadiging door mechanische belasting                                                                                                   | Beoordeling per sectie of mechanische belasting een bedreiging vormt voor de getrapte bekleding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nader te bepalen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nader te bepalen                                                                                           |

Figuur 9: Ontwerpschema toplaaginstabiliteit getrapte bekleding

## 2.6.1 Toplaagstabiliteit elementen getrapte bekleding

Voor toplaaginstabiliteit worden achtereenvolgens de volgende vijf sporen doorlopen:

- Spoor 1: Scheurvorming en opdrukken als beschouwing plaatbekleding;  
Spoor 2: Verticaal opdrukken individueel element ten gevolge van golfklap;  
Spoor 3: Stabiliteit individueel element in de golfklapzone ten gevolge van golfterugtrekking;  
3a) horizontale verplaatsing individueel element het talud uit;  
3b) momentenevenwicht individueel element.  
Spoor 4: Horizontale verplaatsing individueel element het talud in ten gevolge van golfklap  
Spoor 5: Andere (mechanische) belastingen

In voorliggende paragraaf is per beoordelingsspoor een beschrijving gegeven van de rekenmethoden, de specifieke parameters, de resultaten en het maatgevende profiel inclusief gevoelheden. Expliciete veiligheidsfactoren zijn gedefinieerd in de ontwerpmethodiek om deze onzekerheden af te dekken. Deze expliciete veiligheidsfactoren zijn overgenomen in de DO. Deze zijn ook vermeld in Figuur 7 Figuur 9. Daarnaast is impliciete veiligheid aanwezig in keuzes die gemaakt zijn. Deze is niet gekwantificeerd. Deze impliciete veiligheid wordt per faalmechanisme behandeld in de volgende paragrafen.

Tabel 6 geeft een overzicht van de resultaten voor alle beoordelingssporen in relatie tot toplaaginstabiliteit.

| Spoor:                 | (1)                                                   |                              | (2)                                                                        | (3a)                                                       |                                     | (3b)                                      | (4)                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                        | Scheurvorming en opdrukken beschouwing plaatbekleding |                              | Benodigde blokdikte Verticaal opdrukken individueel element t.g.v golfklap | Horizontale verplaatsing individueel element het talud uit |                                     | Momenten evenwicht individueel element    | Horizontale verplaatsing individueel element het talud in t.g.v. golfklap |
| DWP                    | $\sigma_{b,max} / \sigma_b (-)$                       | $\tau_{b,max} / \tau_b (-)$  | $D_{benodigd} (m)$                                                         | Stabiliteitsfactor Blok B (sFs) (-)                        | Stabiliteitsfactor Blok A (sFs) (-) | Stabiliteitsfactor (sF <sub>k</sub> ) (-) | Berekende verplaatsing (mm)                                               |
| <b>Criterium =&gt;</b> | <b><math>\geq 2,0</math></b>                          | <b><math>\geq 2,0</math></b> | <b><math>\leq 0,46 m</math></b>                                            | <b><math>\geq 1,25</math></b>                              | <b><math>\geq 1,25</math></b>       | <b><math>\geq 1,1</math></b>              | <b><math>&lt; 50 mm</math></b>                                            |
| HA-01                  | 9,9                                                   | 26,3                         | 0,11                                                                       | 1,92                                                       | 2,19                                | 1,13                                      | 3                                                                         |
| HA-02                  | 9,9                                                   | 26,3                         | 0,26                                                                       | 1,92                                                       | 2,19                                | 1,13                                      | 4                                                                         |
| HA-03                  | 9,9                                                   | 26,3                         | 0,26                                                                       |                                                            |                                     |                                           |                                                                           |
| HA-04                  | 9,9                                                   | 26,3                         | 0,38                                                                       | 3,15                                                       | 2,21                                | 1,18                                      | 7                                                                         |
| HA-05                  | 9,9                                                   | 26,3                         | 0,39                                                                       |                                                            |                                     |                                           |                                                                           |
| HA-06                  | 11,2                                                  | 25,9                         | 0,37                                                                       | 2,14                                                       | 2,08                                | 1,13                                      | 8                                                                         |
| HA-07                  | 11,2                                                  | 25,9                         | 0,37                                                                       |                                                            |                                     |                                           |                                                                           |
| HA-08                  | 13,0                                                  | 30,0                         | 0,45                                                                       | 3,26                                                       | 2,22                                | 1,31                                      | 4                                                                         |
| HA-09                  | 13,0                                                  | 30,0                         | 0,43                                                                       | 3,26                                                       | 1,48                                | 1,31                                      | 4                                                                         |
| HA-10                  | 21,2                                                  | 35,0                         | 0,29                                                                       | 1,68                                                       | 1,48                                | 1,15                                      | 5                                                                         |

Tabel 6: Verificatie toplaagstabiliteit onder golfaanval.

Voor toplaaginstabiliteit ten gevolge van mechanische belasting (spoor 5) is in dit overzicht geen kolom opgenomen. De verificatie hiervan is beschreven aan het einde van deze paragraaf.

### Spoor 1: Scheurvorming en opdrukken als beschouwing plaatbekleding

#### Rekenmethode en toegepaste ontwerpvoorschriften

Voor scheurvorming en opdrukken als beschouwing plaatbekleding wordt de methode gebruikt zoals beschreven in Ref. XX, Bijlage 1. Hierbij wordt gebruik gemaakt van:



- Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever (Ref. I);
- CUR rapport 156: Cement betonnen plaatbekledingen op dijken en oevers (Ref. VII).

In het VO is de gemiddelde spectrale periode  $T_{m-1,0}$  gebruikt. Volgens CUR 156 (Ref. VII) dient de piekperiode ( $T_p$ ) gebruikt te worden bij de beschouwing als plaatbekleding. In dit DO zijn daarom ook de golfpiekperiodes gebruikt zoals aangeleverd door HHNK (Ref. III, Tabel 3).

#### Specifieke parameters

Tabel 7 presenteert de specifieke invoer parameters voor dit spoor.

| Parameter   | Eenheid | Toelichting                                               | Referentie                                               |
|-------------|---------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $T_p$       | s       | Golf piekperiode                                          | Ref. III, Tabel 3                                        |
| D           | m       | Dikte toplaag                                             | Hoogte van de trede aangehouden (Tabel 4)                |
| $L_s$       | m       | Scheurlengte individuele plaat                            | Individuele elementbreedte (Tabel 4) minus 0,2 m overlap |
| $H_{0,1\%}$ | m       | Golfhoogte die overschreden wordt door 0,1% van de golven | Zie opmerking hieronder                                  |

Tabel 7: Specifieke parameters scheurvorming en opdrukken beschouwing plaatbekleding.

Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Voor de scheurlengte  $L_s$  wordt de breedte van het element minus de overlap aangehouden zoals in onderstaande schets:



Figuur 10: Principeschets scheurlengte  $L_s$  en toplaagdikte D.

- H wordt in CUR156 gedefinieerd als de maximale golfhoogte. Hierbij wordt een factor  $2,2H_s$  gesuggereerd. Dit blijkt in de praktijk een zeer conservatieve aanname voor diepwater situaties. Voor het DO is de maximale golfhoogte bepaald voor de ontwerpgolfcondities in 2070. Daarbij is met behulp van Battjes & Groenendijk (2000) (Ref. XX, Bijlage 1) de factor bepaald voor  $H_{0,1\%}$  als zijnde de maximale golfhoogte. De maximale factor voor alle secties bij Den Over blijkt nergens hoger te zijn dan  $H_{0,1\%}/H_s = 1.8$ . De bepaling van  $H_{0,1\%}$  is uitgewerkt in Bijlage 14. Deze factor is toegepast zodat dit ook in lijn is met de maximale golfhoogte die gebruikt wordt in de golfdrukbeoordeling met de methode Goda, zoals toegepast in Spoor 2.
- Uitgangspunt is dat de bekleding inclusief filter op een slecht doorlatende kleilaag wordt aangebracht. De doorlatendheid van de getrapte bekleding is dus niet bepalend voor het verloop van de freatische lijn (Ref. XX, §5.4).

In Bijlage 5 zijn per sectie alle invoerparameters en berekenings- en tussenresultaten weergegeven.



## Resultaten

De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in Tabel 8. Hieruit volgt dat alle secties voldoen aan het gestelde criterium voor de buigtrekspanning en schuifspanning.

| DWP          | Optredende<br>buigtrekspanning<br>$\sigma_b$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Optredende<br>schuifspanning<br>$\tau_b$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $T_{b,max} / T_b$<br>[-] | $\sigma_{b,max} / \sigma_b$<br>[-] |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Criterium => |                                                                   |                                                               | $\geq 2,0$               | $\geq 2,0$                         |
| HA-01        | 100,6                                                             | 12,6                                                          | 9,9                      | 26,3                               |
| HA-02        | 100,6                                                             | 12,6                                                          | 9,9                      | 26,3                               |
| HA-03        | 100,6                                                             | 12,6                                                          | 9,9                      | 26,3                               |
| HA-04        | 100,6                                                             | 12,6                                                          | 9,9                      | 26,3                               |
| HA-05        | 100,6                                                             | 12,6                                                          | 9,9                      | 26,3                               |
| HA-06        | 89,3                                                              | 12,8                                                          | 11,2                     | 25,9                               |
| HA-07        | 89,3                                                              | 12,8                                                          | 11,2                     | 25,9                               |
| HA-08        | 77,0                                                              | 11,0                                                          | 13,0                     | 30,0                               |
| HA-09        | 77,0                                                              | 11,0                                                          | 13,0                     | 30,0                               |
| HA-10        | 47,1                                                              | 9,4                                                           | 21,2                     | 35,0                               |

Tabel 8: Resultaten scheurvorming en opdrukken beschouwing plaatbekleding.

In Bijlage 5 zijn per sectie alle invoer, tussenresultaten en de resultaten gegeven.

De berekende waarden zijn gebruikt om een verificatie uit te voeren, waarbij gekeken is of de elementen voor de getrapte bekleding al dan niet gewapend zouden moeten worden. De resultaten uit Tabel 8 zijn gebruikt als toets voor de gebruiksfase. Daarnaast is een check uitgevoerd voor het belasting scenario tijdens de realisatie (hijsen en plaatsen van de elementen). Bijlage 6 geeft de verificatieberekening voor de wapening, waarbij is aangetoond dat er geen wapening nodig is voor scheurvorming tijdens de gebruiks- en realisatiefase. De realisatiefase blijkt maatgevend. Uitgangspunt hierbij is dat de elementen worden geplaatst met een bandenklem (zie ook paragraaf 4.3). De berekening toont aan dat de aanwezige treksterkte van standaard beton klasse met minimale kwaliteit van C20/C25 de treksterkte kan opnemen en voldoet aan de volgende voorwaarden zoals gesteld in de ontwerpmethodiek getrapte bekleding (Ref. I):

- Schuifspanning:  $\tau_{b,max} / \tau_b \geq 2,0$
- Buigtrekspanning:  $\sigma_{b,max} / \sigma_b \geq 2,0$

In de berekeningssheet in Bijlage 5 is de verificatie van de bovenstaande voorwaarde tevens toegevoegd. De waarde voor de toelaatbare schuifspanning en de toelaatbare trekspanning zijn respectievelijk 330 kN/m<sup>2</sup> en 1000 kN/m<sup>2</sup>. Deze volgen uit Bijlage 6. Bij de verificatie van de toelaatbare spanningen is uitgegaan van een betonsterkteklasse C20/25. De minimale betonsterkteklasse voor steenzettingen is C30/37. De verificatie is uitgevoerd met betonsterkte klasse C20/25. Deze betonsterkte voldoet

ruimschoots. Elementen van de getrapte bekleding worden uitgevoerd met betonsterkte klasse C30/37 en voldoen dan automatisch ook.

#### Maatgevende profiel en gevoeligheidsanalyse

Uit de beschouwing als plaatbekleding volgens de CUR 156 volgt dat de belasting ten gevolge van golven maatgevend zijn voor de profielen HA-01 tot en met HA-05. Voor het profiel HA-04 is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de aangenomen dikte van de toplaag.

| Dikte toplaag [m]             | Optredende buigtrekspanning $\sigma_b$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Optredende schuifspanning $\tau_b$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $T_{b,max} / T_b$ [-] | $\sigma_{b,max} / \sigma_b$ [-] |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 0,25                          | 422,1                                                       | 28,7                                                    | 2,4                   | 11,5                            |
| 0,35                          | 194,5                                                       | 18,5                                                    | 5,1                   | 17,8                            |
| 0,46 (aanwezige elementdikte) | 100,6                                                       | 12,6                                                    | 9,9                   | 26,3                            |

Tabel 9: Gevoeligheid toplaagdikte bij beschouwing plaatbekleding

Uit de gevoeligheidsanalyse volgt dat zelfs met een dikte van de toplaag van 0,25m nog wordt voldaan aan de criteria. De aanwezige 0,46 m voldoet daarmee ruimschoots.

#### Impliciete veiligheid

Het ontwerp gaat uit van expliciete veiligheidsfactoren (Ref. XX, §5.4). Daarnaast zijn veilige keuzes gedaan die zorgen voor impliciete veiligheid die verder niet is gekwantificeerd maar wel aanwezig is. De volgende impliciete veiligheid zit in de benadering voor de getrapte bekleding als plaatbekleding:

- In de beschouwing als plaatbekleding is uitgegaan van Spoor 2 uit CUR 156 (Ref. VII, Figuur A1). Deze bestaat uit een dichte toplaag in combinatie met een doorlatend filter en een dichte teenconstructie en is de maatgevende (conservatieve) situatie. In werkelijkheid zullen de losse elementen van de getrapte bekleding spleten hebben en een teen die doorlatend is (openingen in de damwand). Hierdoor zullen de optredende spanningen lager worden. De dikte van de toplaag is de minimale dikte van het element. Overlap wordt niet meegenomen. De getrapte bekleding wordt aangebracht met 0,2 m overlap, dit kan beschouwd worden als extra veiligheid.

#### **Spoor 2: Verticaal opdrukken individueel element ten gevolge van golfklap**

De belasting voor dit spoor wordt gevormd door de opwaartse druk over een element ten gevolge van een golfklap op de bekleding. Deze druk wordt bepaald aan de hand van de quasi statische golfbelasting op de aantrede van de getrapte bekleding. De bepaling van deze druk is eerst beschreven. Deze drukken dienen eveneens als input voor spoor 4.

#### Rekenmethode en toegepaste ontwerpvoorschriften

Voor het faalmechanisme verticaal opdrukken individueel element ten gevolge van golfklap en de horizontale verplaatsing van een individueel element het talud in ten gevolge van golfklap dient de quasi-statische druk ten gevolge van de golfbelasting bepaald te worden. In de ontwerpmethodiek [Ref.

I] is per sectie gegeven welke methode toegepast wordt. Bij het bepalen van de quasi statische drukken is gebruik gemaakt van:

- Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever (Ref. I);
- Leidraad Kunstwerken (Ref. X);
- Manual on wave overtopping of sea defences and related structures (Ref. XI);
- Wave forces on storm walls, small and large scale experiment (Ref. XII);
- Shock pressure interactions on prototype sea dykes caused by breaking waves (Ref. XIII);
- Handbook of Port and Harbor Engineering. Geotechnical and Structural aspects (Ref. XIV).

#### Specifieke parameters en resultaten

In de Ontwerpmethodiek getrapte bekleding [Ref. I] is per sectie gegeven welke schematisatie toegepast wordt en welke analytische methode. In Bijlage 9, Bijlage 10 en Bijlage 11 zijn per methode alle invoerparameters en (tussen-)resultaten gegeven. De eindresultaten zijn gegeven in Tabel 13.

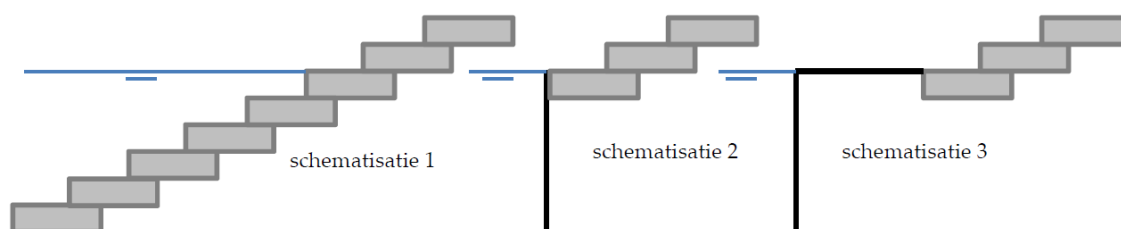
| DWP   | Schematisatie (Figuur 11) | Van Doorslaer et al. (Bijlage 9) | Führböter en Sparboom (Bijlage 10) | Goda&Takahashi en Morihira&Kunita (Bijlage 11) | Fysisch modelonderzoek (Ref. I, §8.3.2) |
|-------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| HA-01 | 3                         | <b>20</b>                        | 55                                 | 149                                            | 30                                      |
| HA-02 | 3                         | <b>49</b>                        | 55                                 | 152                                            | 30                                      |
| HA-03 | 3                         | <b>49</b>                        | 55                                 | 112                                            | 30                                      |
| HA-04 | 3                         | <b>71</b>                        | 60                                 | 126                                            | 30                                      |
| HA-05 | 3                         | <b>73</b>                        | 60                                 | 128                                            | 30                                      |
| HA-06 | 1                         | -                                | <b>69</b>                          | -                                              | -                                       |
| HA-07 | 1                         | -                                | <b>69</b>                          | -                                              | -                                       |
| HA-08 | 2                         | -                                | 42                                 | <b>85</b>                                      | -                                       |
| HA-09 | 2                         | -                                | 42                                 | <b>81</b>                                      | -                                       |
| HA-10 | 2                         | -                                | 53                                 | <b>55</b>                                      | -                                       |

Tabel 10: Resultaten quasi-statische golfbelasting (kN/m<sup>2</sup>). Dikgedrukt is de voorkeursmethode voor de gekozen schematisatie.

Voor alle dwarsprofielen geldt dat de golfbelasting berekend met de voorkeursmethode is gebruikt in het ontwerp. Deze waarden zijn dikgedrukt in Tabel 13. De onderbouwing van deze keuze voor de voorkeursmethode is verder toegelicht in de volgende paragraaf.

#### Onderbouwing voorkeursmethode

Voor de schematisaties gegeven in Figuur 11 zijn analytische methodes bepaald om de golfbelasting op de betonnen elementen te bepalen. Voor schematisatie 3 zijn ook fysische modeltesten uitgevoerd om de belasting te bepalen.



Figuur 11: Principeschetsen drie verschillende schematisaties (Ref. I, §5.2.1).

Voor elke doorsnede is bepaald welke schematisatie het meest vergelijkbaar is en welke methoden toepasbaar zijn. De verschillende toepasbare analytische methodes per schematisatie zijn in Tabel 11 herhaald.

| Schematisatie | Voorkeursmethode                      | Methodes ter vergelijking                                                                                                                                      |
|---------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Führböter en Sparboom                 | -                                                                                                                                                              |
| 2             | Goda & Takahashi en Morihira & kunita | <ul style="list-style-type: none"> <li>Führböter en Sparboom</li> </ul>                                                                                        |
| 3             | Van Doorslaer et al.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Führböter en Sparboom</li> <li>Goda &amp; Takahashi en Morihira &amp; kunita</li> <li>Fysisch modelonderzoek</li> </ul> |

Tabel 11: Analytische methodes per schematisaties

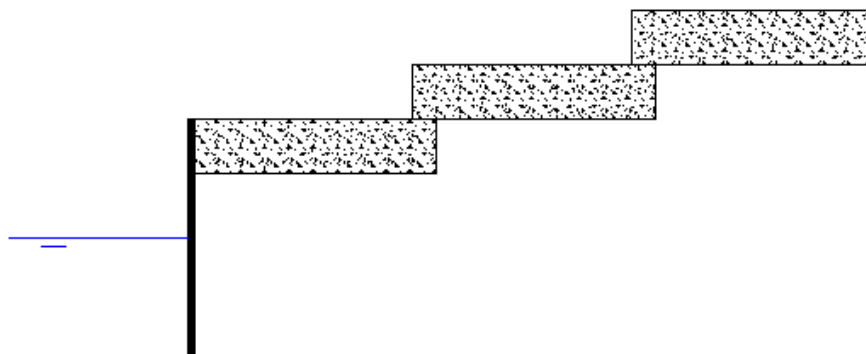
In werkelijkheid zullen de dwarsprofielen voor sommige geometrische aspecten afwijken van de gekozen schematisatie en wordt er buiten het toepassingsgebied van de analytische methoden gerekend.

In de meest dwarsprofielen geven de verschillende gebruikte methoden waarden van dezelfde orde grootte en geeft de voorkeursmethode de hoogste waarde. Dit geeft vertrouwen dat dit een conservatieve waarde is waarmee gerekend wordt.

In sommige gevallen geeft de voorkeursmethode niet de hoogste waarde, maar is deze methode toch gebruikt in het ontwerp. Voor alle dwarsprofielen is hieronder onderbouwd waarom de quasi-statische druk bepaald met de voorkeursmethode toepasbaar is en gebruikt is in het ontwerp:

#### DWP HA-01

De methode Van Doorslaer et al. geeft een relatief lage waarde ten opzichte van de andere analytische methodes en het fysisch modelonderzoek. De doorsnede ligt ten plaatse van het Peilschaalgebouw en daardoor is de kerende hoogte van de damwand in deze doorsnede hoger dan bijvoorbeeld het naastliggende dwarsprofiel. De top van de damwand ligt bijna een meter boven de ontwerpwaterstand en de belasting van golven op de getrapte bekleding wordt hierdoor sterk gereduceerd (Figuur 12).

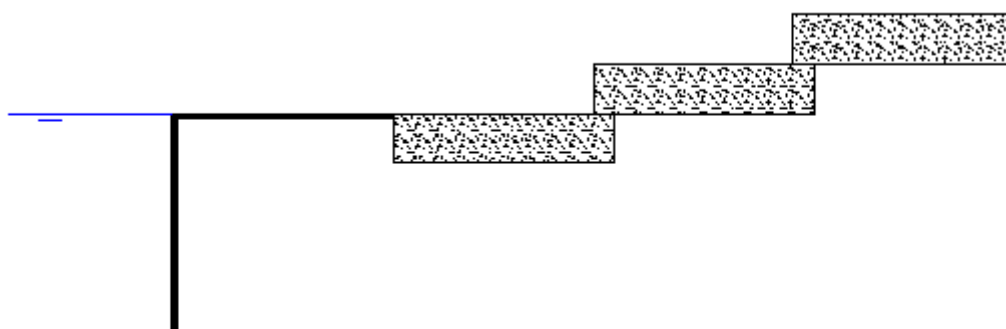


Figuur 12: Principeschets HA-01

In de overige twee analytische methoden wordt dit niet meegenomen, waardoor de druk onrealistisch hoog is. Dit is ook niet meegenomen in het fysisch modelonderzoek. De druk bepaald met de methode Van Doorslaer et al. geeft in dit geval de meest realistische waarde en is gebruikt in het ontwerp.

#### DWP HA-02 en DWP HA-03

De methode Goda & Takahashi en Morihira & Kunita geeft een relatief hoge waarde ten opzichte van de voorkeursmethode Van Doorslaer et al.. Deze methode gaat er vanuit dat de teen van de getrapte bekleding tegen de verticale wand aanligt. Bij DWP HA-02 en DWP HA-03, vergelijkbaar met schematisatie 3, ligt er nog een horizontaal vlak tussen de bovenkant van de verticale wand en de teen van de getrapte bekleding (Figuur 13). Deze 'berm' heeft een reducerende werking op de golfbelasting die niet wordt meegenomen in de methode Goda & Takahashi en Morihira & Kunita. In de methode Fuhrboter en Sparboom wordt de 'berm' ook niet meegenomen in de bepaling van de quasi-statische druk.

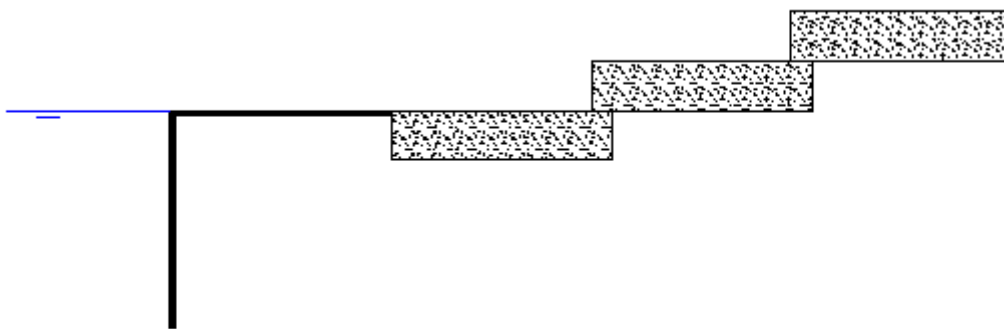


Figuur 13: Principeschets HA-02 en HA-03

In het fysisch modelonderzoek is de berm wel meegenomen. De druk bepaald met Van Doorslaer et al. is een orde 1,5 groter dan de druk bepaald met het fysisch modelonderzoek. Hierdoor is geen reden om de nog hogere druk te gebruiken die met de andere analytische methode is bepaald en is voor het ontwerp voor beide doorsneden de voorkeursmethode toegepast.

#### DWP HA-04 en DWP HA-05

Om dezelfde reden als beschreven bij DWP HA-02 en DWP HA-03 geeft ook hier de methode Goda & Takahashi en Morihira & kunita een relatief hoge waarde ten opzichte van de voorkeursmethode Van Doorslaer et al. (Figuur 14).

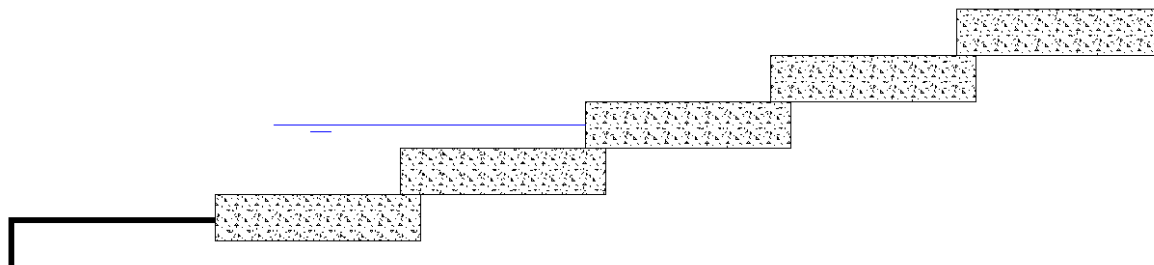


Figuur 14: Principeschets HA-04 en HA-05

Van Doorslaer et al. geeft bij deze twee doorsnedes wel een hogere druk dan Führböter en Sparboom en een significant hogere druk (orde 2) dan het fysisch modelonderzoek. De hydraulische randvoorwaarden zijn voor deze secties het hoogst en het is daarom een logisch gevolg dat de druk hoger is dan bij de vergelijkbare doorsnedes HA-02 en HA-03. Dit is goed waarneembaar bij de voorkeursmethode en slechts minimaal waarneembaar bij de methode Führböter en Sparboom. Daarom is de 'conservatieve' druk bepaald met de voorkeursmethode Van Doorslaer et al. toegepast in het ontwerp.

#### DWP HA-06 en DWP HA-07

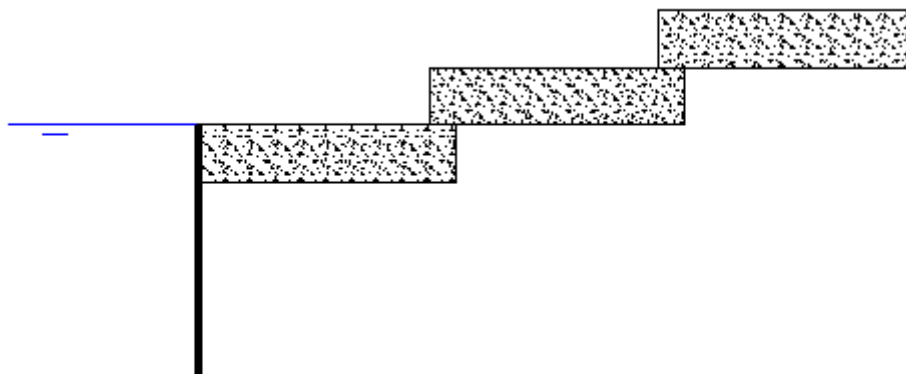
Voor dwarsdoorsnede HA-06 is alleen de methode Fuhrboter en Sparboom toepasbaar doordat de getrapte bekleding op een doorlopend talud, ook onder de stilwaterlijn, doorloopt (Figuur 15). In DWP HA-06 en DWP HA-07 ligt op minder dan de ontwerp golfhoogte onder de stilwaterlijn nog een berm tussen het ondertalud en het boventalud. Deze berm wordt niet meegenomen in de bepaling van de quasi-statische druk en zal enige veiligheid geven op de bepaalde druk.



Figuur 15: Principeschets HA-06 en HA-07

#### DWP HA-08 en DWP HA-09

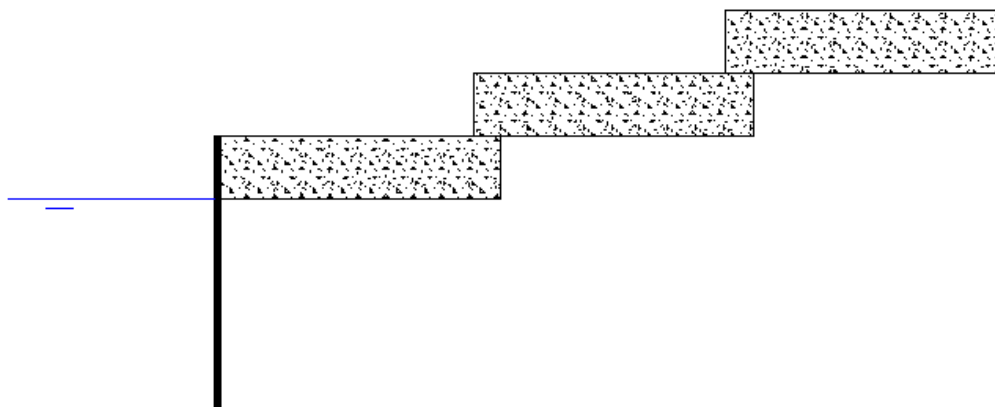
Voor beide doorsnedes geldt dat de voorkeursmethode Goda & Takahashi en Morihira & kunita een hogere waarde geeft dan de methode ter vergelijking Führböter en Sparboom. De voorkeursmethode is aangehouden, dit leidt tot een veilig ontwerp (Figuur 16).



Figuur 16: Principeschets HA-08 en HA-09

#### DWP HA-10

De methode Fuhrboter en Sparboom gaat uit van een getrapte bekleding die doorloopt onder de stilwaterlijn. In deze doorsnede ligt de teen van de getrapte bekleding ongeveer een halve ontwerpgolfhoogte boven de stilwaterlijn (Figuur 17).



Figuur 17: Principeschets HA-10

In de methode Goda & Takahashi en Morihiro & kunita wordt dit ook niet meegenomen. Beide methoden geven daarom een zeer conservatieve benadering van de quasi-statische druk. Aangezien de resultaten van beiden methoden vergelijkbaar zijn is de voorkeursmethode Goda & Takahashi en Morihiro & kunita gebruikt in het ontwerp.

#### Rekenmethode en toegepaste ontwerpvoorschriften

Voor de stabiliteit van een individueel element tegen verticaal opdrukken wordt de methode gebruikt zoals beschreven in Ref. XX, Bijlage 1. Hierbij wordt gebruik gemaakt van:

- Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever (Ref. I);

#### Specifieke parameters

Bij de beschouwing als individueel element wordt de actuele lek lengte toegepast. De actuele lek lengte is bepaald in spoor 3, waarbij is geverifieerd dat de lek lengte groter is dan 1,0 m. Hiervoor geldt dat de

indien de leklengte > 1,0 m een waarde van 10% van de stijghoogte in de golfklap is aangehouden. Voor de belasting wordt de quasi-statische druk gebruikt. Beiden zijn in lijn met de Ontwerpmethodiek (Ref. I). Bij de beschouwing als individueel element is een expliciete veiligheidsfactor van 1,25 op de stijghoogte in de golfklap aangehouden (Ref. XX, §5.4).

Met de methode wordt een minimaal benodigde laagdikte berekend. Deze minimaal benodigde laagdikte dient kleiner te zijn dan de tredelhoogte gegeven in Tabel 4. In Bijlage 12 zijn per sectie alle invoerparameters en (tussen-)resultaten gegeven.

### Resultaten

De resultaten per dwarsprofiel zijn gegeven in Tabel 12. Hieruit volgt dat alle doorsnedes in het DO voldoen aan het criterium  $D_{\min} < D_{\text{element}}$ .

| DWP   | $D_{\min}$ [m] |
|-------|----------------|
| HA-01 | 0,11           |
| HA-02 | 0,26           |
| HA-03 | 0,26           |
| HA-04 | 0,38           |
| HA-05 | 0,39           |
| HA-06 | 0,37           |
| HA-07 | 0,37           |
| HA-08 | 0,45           |
| HA-09 | 0,43           |
| HA-10 | 0,29           |

Tabel 12: Minimaal benodigde laagdikte in meters

### Impliciete veiligheid

De stijghoogte onder de bekleding treedt in principe niet op onder het gehele element. Aangezien het oppervlakte waarover de stijghoogte optreedt niet nauwkeurig te bepalen is, wordt bij de beschouwing van het opdrukken van het individuele element de veilige aanname gedaan dat de stijghoogte onder het gehele element optreedt.

In de berekening is het bovenliggende element niet meegenomen. Dit element zal in de praktijk een gunstig effect hebben tegen opdrukken van het onderliggende element.

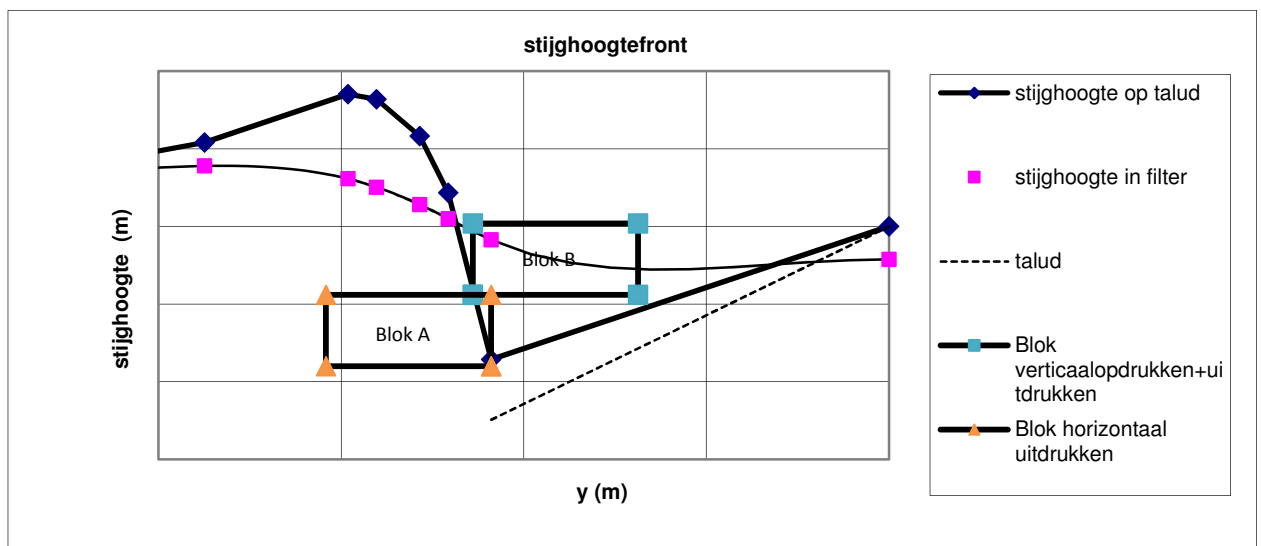
Voor leklengtes groter dan 1,0 meter is het stijghoogteverschil in de orde grootte van 5 à 10% van de stijghoogte in de golfklap (Ref. I, §4.2). In het ontwerp is bij leklengte groter dan 1,0 meter een minimale waarde van 10% van de stijghoogte in de golfklap aangehouden.



### Spoor 3: Stabiliteit individuele elementen in golfklapzone ten gevolge van terugtrekking

Een bekledingselement dat in de golfklapzone ligt wordt belast door een brekende golfen op het trapvormige talud met een golfklap op de elementen als gevolg. Instabiliteit van de elementen in de golfklapzone wordt onder andere veroorzaakt door wateroverdrukken onder de bekleding als gevolg van een terugtrekkende golf.

De wateroverdrukken worden veroorzaakt doordat de stijghoogte in het filter hoger is dan de stijghoogte op de bekleding. Het resultaat is een stijghoogteverschil over de bekleding. De stabiliteit van de elementen van de getrapte bekleding is het meest kritisch op de locatie waarbij het stijghoogteverschil over de bekleding het grootst is. Voor zowel het element ter plaatse van het maximale stijghoogteverschil (Blok B) als het element direct beneden het maximale stijghoogte verschil (Blok A) is de stabiliteit gecontroleerd. Figuur 18 geeft een typische verloop van de stijghoogte op het talud en de stijghoogte in het filter. Hierin zijn schematisch Blok A en Blok B weergegeven.

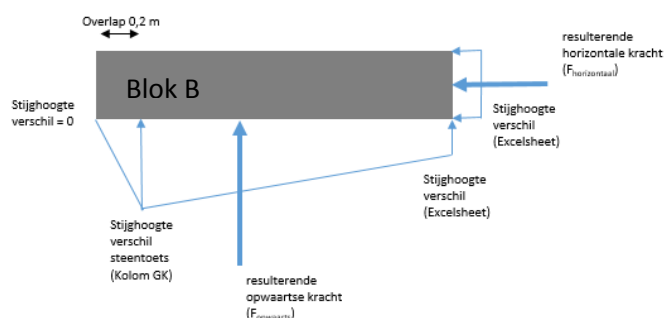


Figuur 18: Stijghoogteverloop op het talud en in het filter ter plaatse van de getrapte bekleding

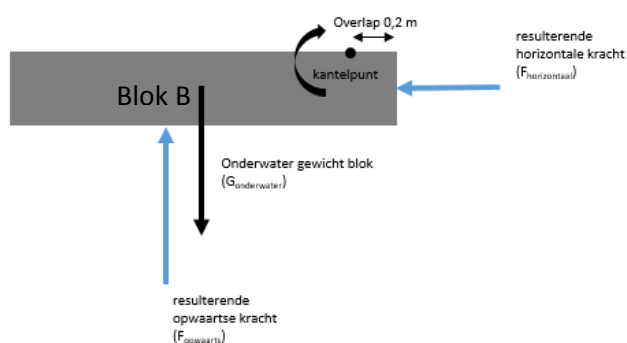
De stabiliteit van de elementen van de getrapte bekleding is gecontroleerd voor twee faalmechanismen:

- Horizontale verplaatsing individueel element het talud uit ten gevolge van golf terugtrekking bij maximale stijghoogteverschil over de bekleding (op basis van krachterevenwicht);
- Kantelen van een element ten gevolge van de golf terugtrekking (op basis van het momentenevenwicht van een individueel element).

Het principe van de evenwichtsbeschouwingen is weergegeven voor Blok B in Figuur 19 en Figuur 20.



Figuur 19 Belastingen op Blok B (verticaal opdrukken + uitdrukken)



Figuur 20 Momenten evenwicht individueel element (Blok B)

### Rekenmethode en toegepaste ontwerpvoorschriften

Voor het bepalen van het krachten- en het momentevenwicht is het stijghoogteverloop over de bekleding bepaald. Voor de stabiliteit van individuele elementen in de golfklapzone ten gevolge van golfterugtrekking zijn de volgende stappen doorlopen:

- Stap 1: bepaal de doorlatendheid van de toplaag en filterlaag;
- Stap 2: bepaal de leklengte en de effectieve filterlaagdikte;
- Stap 3: bepaal het stijghoogteverloop over de bekleding;
- Stap 4: bepaal de veiligheid tegen horizontaal uitdrukken;
- Stap 5: bepaal de veiligheid tegen kantelen.

Als criterium voor het krachtenevenwicht ( $(G_{\text{onderwater}} - F_{\text{opwaarts}}) \cdot f_w / F_{\text{horizontaal}}$ ) is een veiligheidsfactor  $SF_s$  aangehouden van minimaal 1,25.

Als criterium voor het voor het momentevenwicht ( $M_{\text{tegenwerkend}} / M_{\text{aandrijvend}}$ ) is een veiligheidsfactor  $SF_k$  aangehouden van minimaal 1,1.

In Bijlage 8 zijn alle input en (tussen)resultaten gegeven voor dit beoordelingsspoor.

### Stap 1: bepaal doorlatendheid van de toplaag en filterlaag:

Voor het bepalen van de doorlatendheid van de toplaag en filterlaag is gebruik gemaakt van STEENTOETS V 15.8.1. Hiervoor is het tabblad Algemeen en Ontwerpgolven en Ontwerp ingevoerd. De

eerste twee tabbladen zijn op dezelfde wijze ingevuld als bij een standaard Steenzetting. Voor de ontwerp golven betekent dit dat de golfcondities bij verschillende waterstanden tot aan het ontwerpwaterstand nodig zijn, hiervoor is conservatief vanuit gegaan dat de golfcondities bij maatgevend hoogwater ook optreden bij lagere waterstanden.

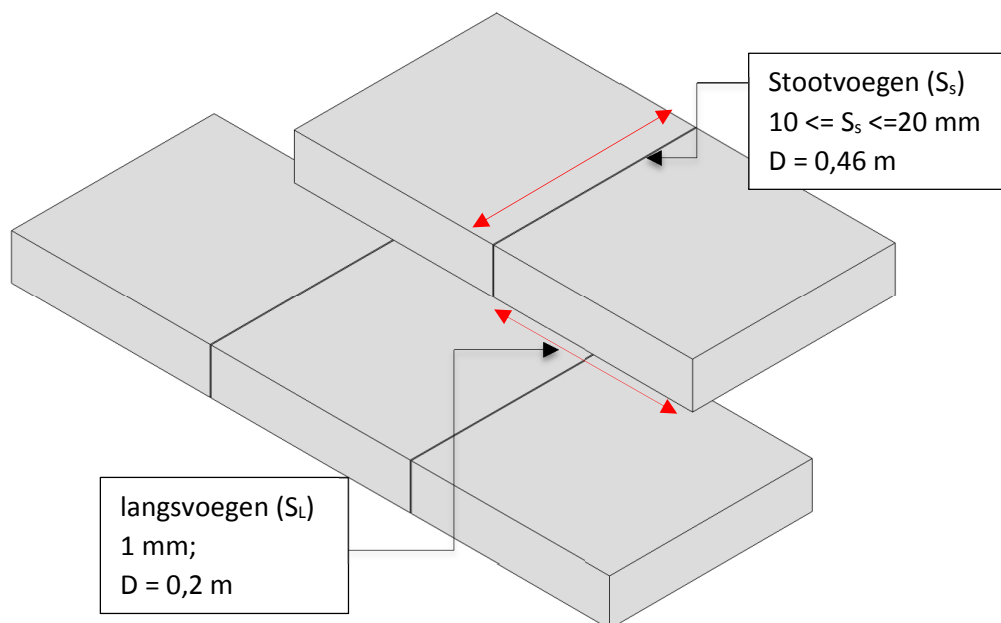
In het tabblad Ontwerp is de voorgeschreven geometrie ingevoerd. De getrapte bekleding is een bekleding die niet is opgenomen als standaard bekleding in STEENTOETS. Daarom is een voor de getrapte bekleding specifieke wijze van schematiseren gehanteerd:

1. De getrapte bekleding dient ingevoerd te worden als betonelementen zonder openingen (code 11 in Steentoets).
2. De werkelijke elementafmetingen moeten worden ingevoerd in Steentoets. De overlap tussen twee elementen moet worden afgetrokken van de elementafmeting in de richting van de overlap.
3. De dikte van de filterlaag varieert door de vorm van de elementen. Voor het bepalen van de doorlatendheden in Steentoets kan de gemiddelde filterlaagdikte worden gehanteerd van 0,3 m (de filterlaagdikte heeft geen invloed op de doorlatendheid van de toplaag en de doorlatendheid van de filterlaag). In stap 2 wordt de effectieve filterlaagdikte bepaald afhankelijk van de leklengte.

De STEENTOETS tabel is bijgevoegd Bijlage 8. De resulterende doorlatendheden en de totale doorlatendheid zijn eveneens gegeven in Bijlage 8. Specifieke invoerparameters zijn benoemd in onderstaande tabel

| Parameter      | Eenheid | Toelichting                                           | Referentie                                                      |
|----------------|---------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| D              | m       | Dikte toplaag (voor bepalen doorlatendheid stootvoeg) | Hoogte van de trede aangehouden (Tabel 4)                       |
| D              | m       | Overlap (voor bepalen doorlatendheid langsvog)        | Overlap tussen bovenliggende elementen aangehouden (0,2 m)      |
| B              | m       | Afmeting element dwars op het talud                   | Individuele elementbreedte minus overlap (Tabel 4)              |
| L              | m       | Afmeting element parallel aan het talud               | Individuele elementlengte (Tabel 4) en toelichting onder tabel. |
| d <sub>f</sub> | m       | Dikte filterlaag                                      | Zie stap 2                                                      |
| S <sub>s</sub> | mm      | Spleetbreedte stootvoeg                               | Zie opmerking onder de Tabel                                    |
| S <sub>L</sub> | mm      | Spleetbreedte langsvog                                | Zie opmerking onder de Tabel                                    |

Tabel 13: Specifieke invoerparameters STEENTOETS



Figuur 21: Definitieschets stoot en langsvoeegen

In de praktijk zullen de elementen koud op elkaar gelegd worden en zullen de spleten van de langsvoeegen minimaal zijn. Voor de spleetbreedte van de langsvoeg is daarom 1 mm aangehouden. In de langsrichting (de stootvoegen) moeten blokken een *minimale* spleetbreedte hebben van 10 mm in verband met de benodigde open ruimte om het stijghoogteverschil over de bekleding niet te groot te laten worden. Figuur 21 geeft de locatie van de stoot- en langsvoeg bij de elementen van de getrapte bekleding. De berekeningen om de doorlatendheid van de toplaag te bepalen zijn uitgevoerd in STEENTOETS door te rekenen met een granulair filtermateriaal ( $D_{f15}$ ), uitgaande van gradering 20/40 mm. De berekening gaat uit van elementen die niet geklemd zijn en niet zijn ingewassen.

De lengte van de elementen (parallel aan de dijk) op sectie HA-04 tot en met HA-07 mag maximaal 1,0 m zijn. Deze kortere lengte is noodzakelijk om de doorlatendheid (en daarmee de stabiliteit) te kunnen garanderen. Voor deze secties is in de berekeningen uitgegaan van een lengte van de elementen van 1,0 m. Voor de overige secties is in de berekeningen uitgegaan van een lengte van 2,0 m. Indien de bloklengte kleiner wordt resulteert dit in een hogere veiligheid. De bloklengte van 2,0 m is daarmee een conservatief uitgangspunt indien het ten gevolge van de inpassing noodzakelijk is om de blokafmeting in de langsrichting te verkleinen.

De doorlatendheid van de langsvoeg is bepaald door de overlap tussen twee elementen in te voeren als laagdikte  $D$  in Steentoets (0,2 m). De waterdruk hoeft hier maar een afstand van 0,2 m af te leggen in plaats van de elementdikte. Vervolgens is de doorlatendheid van de langsvoeg  $k'_{\text{langsvoeg}}$  afgelezen uit kolom EN in Steentoets.

De doorlatendheid van de stootvoeg is bepaald door de laagdikte van een element in te voeren als laagdikte  $D$  in Steentoets (0,46 m). Vervolgens is de doorlatendheid van de stootvoeg  $k'_{\text{stootvoeg}}$  afgelezen uit kolom EL in Steentoets.

De totale doorlatendheid van de toplaag kan vervolgens bepaald worden door de doorlatendheid van de stootvoeg en de doorlatendheid van de langsvog bij elkaar op te tellen:

$$k' = k'_{\text{stootvoeg}} + k'_{\text{langsvog}}$$

Hierin is:

$K'_{\text{stootvoeg}}$  de doorlatendheid van de stootvoeg [m/s];  
 $K'_{\text{langsvog}}$  de doorlatendheid van de langsvog [m/s].

De doorlatendheid van de filterlaag  $k_1$  is afgelezen uit kolom DY in Steentoets.

Bij het bepalen van de doorlatendheden wordt geen gebruik gemaakt van een veiligheidsfactor in Steentoets. De veiligheidsfactor wordt pas bepaald in stap 4 en stap 5 van dit spoor.

#### Stap 2: bepaal leklengte en effectieve filterlaagdikte

De leklengte en de effectieve filterlaagdikte zijn van elkaar afhankelijk en zijn door middel van iteratie bepaald. De leklengte is bepaald met onderstaande formule (formule 4.53 in achtergronddocumentatie Steentoets [ref. XVIII]):

$$\Lambda = \sqrt{\frac{k_1 \cdot d_f \cdot D}{k'}}$$

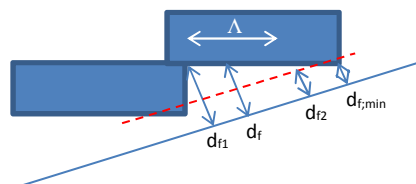
Hierin is:

$\Lambda$  de leklengte [m];  
 $K_1$  de doorlatendheid van het filter materiaal [m/s];  
 $d_f$  de effectieve dikte van de filterlaag [m];  
 $k'$  doorlatendheid van de toplaag [m/s].

De effectieve filterlaagdikte kan bepaald worden door middel van onderstaande formule:

$$d_f = \max \left\{ 0,3; \left( \frac{(d_{f1} - d_{f,min})}{(B - 0,2)} \cdot \Lambda + d_{f,min} \right) \right\}$$

De effectieve filterlaagdikte  $d_f$  is bepaald op basis van de gemiddelde laagdikte onder de elementen over de leklengte  $\Lambda$ , gemeten vanaf de meest zeewaartse hoek (dikste laagdikte  $d_{f1} = 0,55$  m). Hierbij geldt een ondergrens voor de effectieve filterlaagdikte van  $d_{f2} = 0,3$  m (gemiddelde filterlaagdikte over de volledige breedte van 1 element). De filterlaag is het dunste onder de meest dijkwaartse hoek van het blok ( $d_{f,min} = 0,1$  m). De effectieve filterlaagdikte  $d_f$  is de gemiddelde filterlaagdikte die aanwezig is over de leklengte  $\Lambda$ . Aangenomen is dat de leklengte horizontaal is. Bepaald op basis van lineaire interpolatie.



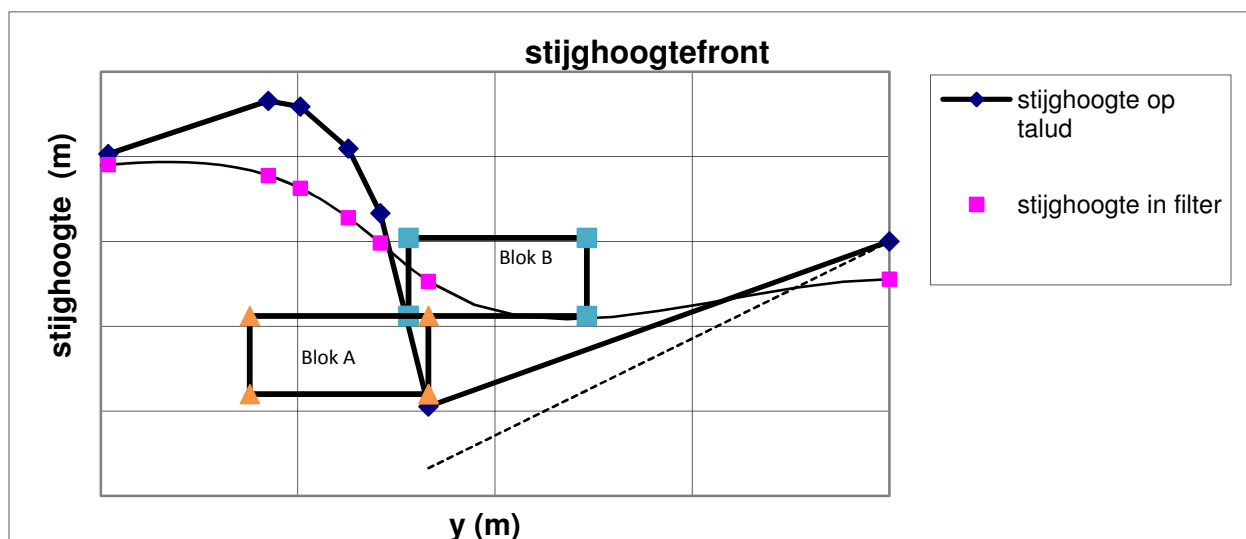
Figuur 22: schematische weergave effectieve filterlaagdikte

De resulterende leklengte en effectieve filterlaagdikte zijn weergegeven in Bijlage 8.

### Stap 3: bepaal het stijghoogteverloop over de bekleding

Het stijghoogteverloop van de bekleding is vervolgens bepaald met behulp van de methode voor het bepalen van het stijghoogteverloop op de bekleding en het stijghoogteverloop in de filterlaag op basis van de Kennisontwikkeling Steentoets2006 (ref. XIX).

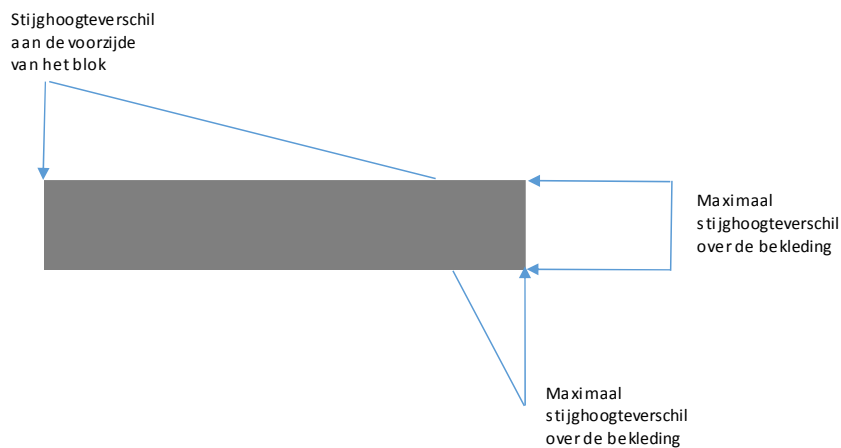
Hierbij is de leklengte  $\Lambda$ , de golfhoogte  $H_s$  en de rekenwaarde van de piekperiode  $T_p (= 1,1 * T_{m-1,0})$  als invoer gebruikt conform methode Steentoets. Op basis van de stijghoogte op het talud en de stijghoogte in het filter is het stijghoogteverschil over de bekleding bepaald. Het stijghoogteverschil is hierbij verschillend voor Blok A en Blok B. Figuur 23 geeft het verloop van het stijghoogte op het talud en in het filter ter plaatse van de maatgevende sectie (HA-06).



Figuur 23: Stijghoogteverloop op het talud en in het filter ter plaatse van HA-06.

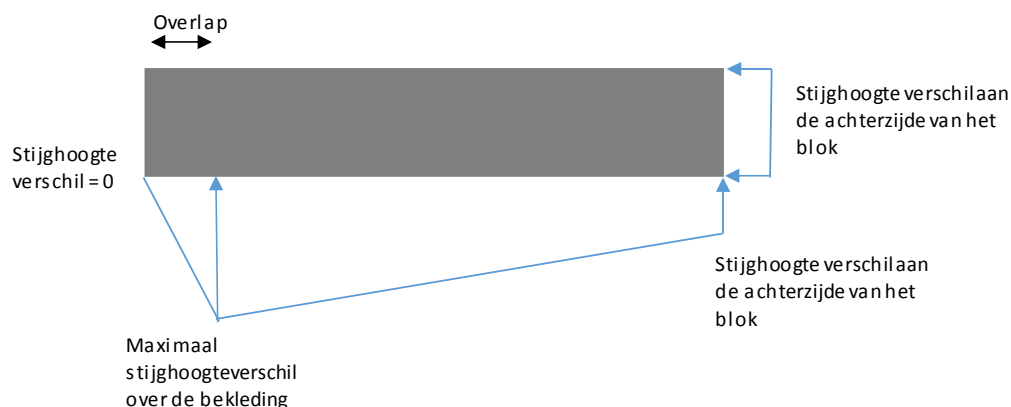
Doordat Blok A zich net onder het golffront bevindt is het resulterende stijghoogteverloop afwijkend ten opzichte van het stijghoogteverloop over Blok B. Voor beide elementen moet het stijghoogteverloop anders worden geschematiseerd. Op basis van de elementlengte kan het stijghoogte aan de voorzijde van Blok A worden afgelezen en het stijghoogteverschil aan de achterzijde van Blok B.

De volgende schematisatie kan hierbij gehanteerd worden voor Blok A:



Figuur 24: schematisatie stijghoogteverloop Blok A

De volgende schematisatie kan hierbij gehanteerd worden voor Blok B:



Figuur 25: schematisatie stijghoogteverloop Blok B

De resulterende stijghoogtes over de blokken zijn weergegeven in Bijlage 8.

#### Stap 4: Bepaal de veiligheid tegen horizontaal uitdrukken

Op basis van het verloop van het stijghoogteverschil over de bekleding zoals bepaald in stap 3 is de veiligheid tegen horizontaal uitdrukken bepaald. Hierbij is de horizontale belasting ten gevolge van het stijghoogteverschil aan de achterzijde van het element getoetst aan de weerstand tegen afschuiven.

De horizontale kracht  $F_{\text{horizontaal}}$  [kN] is bepaald door de druk aan de achterzijde te vermenigvuldigen met de elementhoogte en de elementbreedte, B (B is dwars op het talud).

De opwaartse kracht  $F_{\text{opwaarts}}$  [kN] is bepaald door de resulterende opwaartse kracht te bepalen op basis van het stijghoogteverloop en deze te vermenigvuldigen met de elementbreedte B (dwars op het talud). Voor Blok A geldt dat conservatief vanuit gegaan kan worden dat de totale opwaartse kracht 0 is. Dit komt doordat het stijghoogteverloop in het filter hier snel afneemt en de druk op de bekleding snel toeneemt als gevolg van het stijghoogte front. Hierdoor is de resulterende verticale druk over de bekleding neerwaarts in plaats van opwaarts.

Het onderwatergewicht  $G_{\text{onderwater}}$  [kN] van het element is bepaald met:

$$G_{\text{onderwater}} = L \cdot B \cdot (\rho_b - \rho_w) \cdot D \cdot g / 1000$$

Hierin is:

- L lengte van een element dwars op het talud [m];
- B breedte van een element evenwijdig aan het talud [m];
- $\rho_b$  de dichtheid van beton [kg/m<sup>3</sup>];
- $\rho_w$  de dichtheid van water [kg/m<sup>3</sup>];
- D de dikte van een element [m].

De veiligheid tegen uitdrukken is vervolgens bepaald met onderstaande formule:

$$sF_s = \frac{(G_{\text{onderwater}} - F_{\text{opwaarts}}) \cdot f_w}{F_{\text{horizontaal}}}$$

Hierin is  $f_w$  de wrijvingscoëfficiënt (0,58 conform ontwerpmethodiek [ref I])

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de berekende veiligheidsfactoren. De volledige in-uitvoer en tussenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 8. De resulterende veiligheidsfactoren zijn voor alle secties groter dan de vereiste 1,25.

| Sectie    | DWP   | Blok B: veiligheid tegen uitdrukken SFs [-] | Blok A: veiligheid tegen uitdrukken SFs [-] |
|-----------|-------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Criterium |       | >1,25                                       | >1,25                                       |
| 2         | HA-01 | 1,92                                        | 2,19                                        |
|           | HA-02 |                                             |                                             |
|           | HA-03 | 1,92                                        | 2,19                                        |
| 3A        | HA-04 | 3,15                                        | 2,21                                        |
|           | HA-05 |                                             |                                             |
| 3B        | HA-06 | 2,14                                        | 2,08                                        |
|           | HA-07 |                                             |                                             |
| 4A        | HA-08 | 3,26                                        | 2,22                                        |
| 4B        | HA-09 | 3,26                                        | 1,48                                        |
| 5         | HA-10 | 1,68                                        | 1,48                                        |

#### Stap 5 Bepaal de veiligheid tegen kantelen

Op basis van de berekende opwaartse en neerwaartse krachten op de elementen, zoals beschreven onder Stap 4 is de veiligheid tegen kantelen bepaald. Hiervoor is het aandrijven moment  $M_{\text{aandrijvend}}$  [kNm] bepaald door de momenten die veroorzaakt worden door krachten die het element laten kantelen rond het kantelpunt bij elkaar op te tellen.

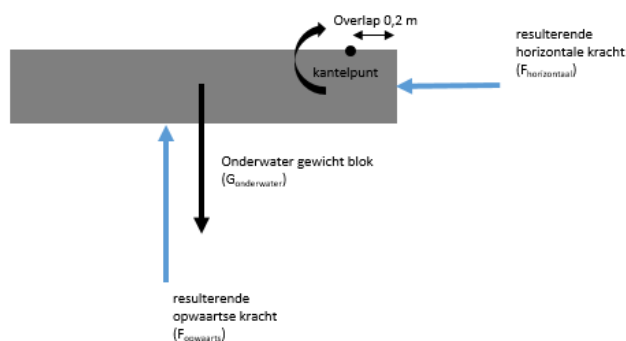


Het tegenwerkend moment  $M_{\text{tegenwerken}}$  [kNm] is bepaald door de momenten die veroorzaakt worden door krachten die het element in de bedding drukken bij elkaar op te tellen.

De totale veiligheid tegen kantelen kan vervolgen worden bepaald met:

$$sF_k = \frac{\Sigma M_{\text{tegenwerkend}}}{\Sigma M_{\text{aandrijvend}}}$$

Het momentenevenwicht is bepaald voor verschillende kantelpunten. De maatgevende situatie is als het blok kantelt rond het bovenliggende blok. Hierbij werken zowel de resulterende horizontale kracht als de resulterende opwaartse kracht als aandrijvend. Het eigengewicht resulteert in het tegenwerkend moment. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 26.



Figuur 26 Faalmechanisme Momenten evenwicht individueel element

De resulterende veiligheidsfactoren zijn weergegeven in onderstaande tabel. Deze zijn voor alle secties groter dan 1,1. Hiermee voldoen de elementen aan de veiligheid tegen kantelen.

| Sectie    | DWP   | Blok B: veiligheid tegen kantelen<br>$SF_k [-]$ | Blok A: veiligheid tegen kantelen<br>$SF_k [-]$ |
|-----------|-------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Criterium |       | >1,1                                            | >1,1                                            |
| 2         | HA-01 | 1,13                                            |                                                 |
|           | HA-02 | 1,13                                            |                                                 |
|           | HA-03 |                                                 |                                                 |
| 3A        | HA-04 | 1,18                                            |                                                 |
|           | HA-05 |                                                 |                                                 |
| 3B        | HA-06 | 1,13                                            | 13,9*                                           |
|           | HA-07 |                                                 |                                                 |
| 4A        | HA-08 | 1,31                                            |                                                 |
| 4B        | HA-09 | 1,31                                            |                                                 |
| 5         | HA-10 | 1,15                                            |                                                 |

\*Voor blok A is de veiligheid tegen kantelen alleen bepaald voor de maatgevende sectie. De resulterende veiligheidsfactor is dusdanig groot dat kantelen in het geval van blok A nooit zal optreden. Dit komt doordat het resulterende drukverschil neerwaarts is in plaats van opwaarts. Daarmee voldoet blok A altijd voor alle secties.

#### Maatgevende profiel en gevoeligheidsanalyse

Het maatgevende profiel ten aanzien van de stabiliteit van de blokken is HA-06/HA-07. Zowel de spleetbreedte, overlap tussen de elementen als de filterlaagdikte hebben een grote invloed op de benodigde laagdikte voor de stabiliteit. De filterlaagdikte voor het Van Oord blok is niet eenduidig vanwege het getrapte profiel zoals aangegeven in Figuur 22. De effectieve filterlaagdikte  $d_f$  moet bepaald worden op basis van de gemiddelde laagdikte onder de elementen over de leklengte  $\Lambda$ . De effectieve filterlaagdikte  $d_f$  is de gemiddelde filterlaagdikte die aanwezig is over de leklengte  $\Lambda$  bepaald op basis van lineaire interpolatie. De effectieve filterlaagdikte varieert voor de verschillende secties tussen 0,30 en 0,39 m. Een dunnere filterlaag resulteert in een hogere veiligheidsfactor. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om te bepalen wat het effect is wanneer de filterlaagdikte wordt gevarieerd. Hierbij is de dikte van de filterlaag gevarieerd tussen 0,3 en 0,4 m voor alle secties. De veiligheidsfactoren blijven daarbij altijd groter dan het vereiste criterium.

De overlap tussen de elementen heeft een effect op de doorlatendheid van de langsvog en daarmee op de doorlatendheid van de toplaag. Des te groter de overlap des te minder de doorlatendheid. Voor de maatgevende sectie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, hierbij is de overlap gevarieerd tussen 0,15 m en 0,25 m. Dit is gebaseerd op het verplaatsingscriterium van 50 mm zoals getoetst onder spoor 4. De veiligheidsfactoren worden beperkt beïnvloedt door het verminderen of vermeerderen van de overlap. De veiligheid tegen verplaatsen varieert tussen 2,04 bij een overlap van 0,15 m en 2,26 bij een overlap van 0,25 m. De veiligheid tegen kantelen varieert tussen 1,13 bij een overlap van 0,15 m en 1,14 bij 0,25 m. Bij verplaatsingen van 50 mm wordt daarom nog steeds voldaan aan de veiligheidscriteria.

### Impliciete veiligheid

Het ontwerp gaat uit van expliciete veiligheidsfactoren, waaraan de weerstand tegen horizontaal uitdrukken en kantelen wordt getoetst. Daarnaast zijn veilige keuzes gedaan die zorgen voor extra impliciete veiligheid die verder niet is gekwantificeerd maar wel aanwezig is. De volgende impliciete veiligheid zit in de benadering van de getrapte bekleding als individuele elementen:

- De bedding van de ondergrond (filterlaag) is niet meegenomen in de bepaling van de veiligheid van tegen kantelen. In werkelijkheid zal de bedding van de ondergrond bijdragen aan de weerstand tegen kantelen. De werkelijke veiligheid zal daarom groter zijn.
- In de praktijk zal het element ook nog een tegenwerkende wrijvingskracht ontleen aan het bovenliggende element doordat er een overlap is. De berekende stabiliteitsfactor zal daardoor groter worden.
- De belastingduur van een golffront is kort (orde 0,5 – 0,6 seconden). De afmetingen van de blokken zijn dusdanig groot dat er enige traagheid in het systeem zit. Dit is niet meegenomen in de bepaling van de veiligheidsfactoren.
- Voor Blok A geldt dat in werkelijkheid de veiligheid tegen horizontaal uitdrukken groter is. Dit door de conservatieve aanname dat de neerwaartse waterdruk niet wordt meegenomen in de analyse.

Hierdoor is er in de praktijk een grotere veiligheid dan theoretisch wordt behaald.

### **Spoor 4: Horizontale verplaatsing individueel element het talud in**

#### Rekenmethode en toegepaste ontwerpvoorschriften

Voor de stabiliteit van individuele elementen in de golfklapzone wordt de methode gebruikt zoals beschreven in Ref. XX, Bijlage 1. Hierbij wordt gebruik gemaakt van:

- Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever (Ref. I)
- PLAXIS 2D versie 2016.01

Als criterium is een stabiliteitsfactor ( $sF_s$ ) van minimaal 1,0 aangehouden en een berekende verplaatsing kleiner dan 50 mm (Ref. XX, Bijlage 1).

#### Specifieke parameters en resultaten

Per sectie is een berekening uitgevoerd met PLAXIS. Specifieke parameters, modelaspecten en resultaten zijn gegeven in Bijlage 13. De belastingen in Bijlage 13 zijn inclusief een veiligheidsfactor  $f_{\text{belasting}} = 1,25$ . In Tabel 14 zijn de resultaten gepresenteerd.

| Sectie       | DWP   | Maximale verplaatsing gedurende golfklap |
|--------------|-------|------------------------------------------|
| Criterium => |       | < 50 mm                                  |
| 2            | HA-01 | 2,2                                      |
|              | HA-02 | 3,3                                      |
|              | HA-03 |                                          |
| 3A           | HA-04 | 6,2                                      |
|              | HA-05 |                                          |
| 3B           | HA-06 | 7,5                                      |
|              | HA-07 |                                          |
| 4A           | HA-08 | 3,5                                      |
| 4B           | HA-09 | 3,5                                      |
| 5            | HA-10 | 4,5                                      |

Tabel 14: Resultaten horizontale verplaatsing het talud in

Uit de berekening volgt dat alle secties stabiel zijn (stabiliteitsfactor > 1,0) en de berekende verplaatsing in de orde 5 – 10 mm is (en daarmee <= 50 mm).

## Spoor 5: Andere mechanische belastingen

### Ijsbelasting

De Waddenzee levert qua temperatuur en zoutgehalte geen risico op, op het ontstaan van maatgevende ijsbelasting op de waterkering. Leidraad zee- en meerdijken basisrapport (Ref. VIII, §B2.3.3) schrijft over ijsbelasting: *'Voor de Nederlandse situatie levert dit geen situaties op die bij het ontwerp van waterkeringen moeten worden meegenomen, doordat de kans op combinatie met hoge waterstand en zware golfaanval te klein is.'*

Daarnaast wordt gesteld dat er mogelijk kruiend ijs kan ontstaan. Echter door de aanwezigheid van de havendammen die gezien worden als obstakel en de relatief hoge kade zal, in geval er een ijssituatie ontstaat, ijs eerst tegen de havendammen breken en wellicht voor de kade enige ijsophoping veroorzaken. De kade en damwand aan de landwaartse zijde van de kade zorgen ervoor dat geen ijsbelasting op de getrapte bekleding hoeft te worden verwacht. Daarom is het niet nodig om ijsbelasting mee te nemen voor de getrapte bekleding.

### Scheepsbelasting

In de ontwerpmethodiek getrapte bekleding (Ref. I, Bijlage 5) is een analyse naar scheepsbelasting gedaan. Hier wordt geconcludeerd dat belasting door schepen kan leiden tot schade aan de bekleding maar niet direct tot falen van de bekleding. Het DO neemt deze conclusie over; er is daarom geen rekening gehouden met aanvullende maatregelen voor scheepsbelasting.

## 2.6.2 Overige faalmechanismen

### **Afschuiving**

Het faalmechanisme afschuiving is getoetst met STEENTOETS. Het blijkt dat de opbouw waarbij het dijklichaam is opgebouwd (van onder naar boven) uit 1 m kleilaag, daarop een geotextiel met een

granulair filter van gemiddeld 0,3 m voldoende stabiel is tegen afschuiven (Bijlage 8). Hierbij is als filterlaagdikte de effectieve filterlaagdikte zoals bepaald in spoor 3 van paragraaf 2.6.1). Steentoets beoordeelt alleen de cirkelvormige afschuiving langs het talud, afschuiving parallel aan het talud wordt voorkomen door de stabiliteit van de taludhelling als geheel. Dit valt onder de beoordeling van macrostabiliteit van het buitentalud. Dit wordt geverifieerd in de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII, §2.4). Daarnaast draagt de teenconstructie ook bij aan de veiligheid tegen afschuiving. De beoordeling hiervan vindt eveneens plaats in de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII, §2.4).

### **Materiaaltransport vanuit granulaire laag**

Voor de granulaire laag zijn de volgende waarden in de berekening aangehouden:

| Beschrijving | Eenheid | Waarde    |
|--------------|---------|-----------|
| $d_f$        | (m)     | 0,3 – 0,4 |
| $D_{15}$     | (mm)    | 15        |
| $D_{50}$     | (mm)    | 30        |
| Porositeit   | (-)     | 0,38      |

Tabel 15: Kenmerken filterlaag.

Waarin:

- $d_f$  gemiddelde dikte van de filterlaag (m)
- $D_{15}$  karakteristieke zeefmaat voor het filtermateriaal onderschreden door 15% van de steendiameters (mm)
- $D_{50}$  karakteristieke zeefmaat voor het filtermateriaal onderschreden door 50% van de steendiameters (mm)

Voor Havendijk Den Oever wordt de gradering 20-40 mm toegepast. Om te voorkomen dat het filter uitspoelt is in de berekeningen een minimale overlap van 0,15 m (in realisatie wordt 0,2 aangelegd) aangehouden tussen de individuele elementen van de getrapte bekleding.

Het granulaire filter heeft een afwaterende functie richting de havenkade. Daarom wordt er een waterdoorvoer in de damwand gemaakt. De doorvoer wordt aan de onderzijde van de filterlaag aangebracht zodat bij zakking geen overdruk in het filter ontstaat.

### **Materiaaltransport vanuit de ondergrond**

Om materiaaltransport vanuit de ondergrond te voorkomen is een geotextiel toegepast tussen de granulaire laag en de onderliggende kleilaag. Het geotextiel is ontworpen conform CUR205 (Ref. XV). Hierbij wordt uitgegaan van een vlies met een levensduur van minimaal 50 jaar (Ref. XX, §2.2). In Tabel 16 zijn de ontwerpaspecten en minimale eisen aan het geotextiel gegeven.

| Beschrijving                                      | Detail     | Referentie          |
|---------------------------------------------------|------------|---------------------|
| Grondklasse                                       | Zware klei | Ref. XV, Figuur 5.1 |
| Steenclassificatie filterlaag $D_{max}$           | 0,30 m     | Ref. XV, Tabel 5.3  |
| Openingsgrootte $O_{90}$<br>(Dynamisch belasting) | 0,100 mm   | Ref. XV, Tabel 5.4  |

|                              |                |                    |
|------------------------------|----------------|--------------------|
| Waterdoorlatendheid          | $> 10^{-4}$    | Ref. XV, Tabel 5.5 |
| Minimale treksterkte (vlies) | $\geq 15$ kN/m | Ref. XV, Tabel 5.6 |
| Minimale breukrek            | 60 %           | Ref. XV, Tabel 5.7 |

Tabel 16: Ontwerpaspecten en minimale eisen geotextiel.

### Zettingen

De volgende relevante aspecten voor de getrapte bekleding zijn meegenomen en/of aangetoond in de zettingsberekeningen:

- Zettingen zijn bepaald aan het einde van levensduur 50 jaar, zichtjaar 2070 (Ref. XXI, §4.9.1).
- De zettingscompensatie komt bovenop de kruinhoogtes die weergegeven zijn in Tabel 10 van de Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding (Ref. XX). Dit is een uitgangspunt voor de zettingsberekeningen (Ref. XXI, §5.1).
- De bovenbelasting door het onderhoudsvoertuig (Ref. XXI, §3.1).
- Overgangen tussen de individuele elementen zijn gedurende de levensduur  $\leq 29$  mm (Ref. XXII, §2.5.3).
- Overgangen tussen de individuele elementen zijn aan het einde van de garantieperiode  $\leq 20$  mm (Ref. XXII, §2.5.3).
- Overgangen tussen de individuele kruinblokken en tussen de kruinblokken en de coupure zijn gedurende de levensduur  $\leq 29$  mm (Ref. XXII).
- Het onderlinge zettingsverschil over een blok gedurende de levensduur  $\leq 50$  mm (Ref. XXII, §2.5.3).

De beloopbaarheid van de getrapte bekleding in de lang richting is aangetoond door aan de zettingseisen te voldoen.

#### 2.6.3 Kruinblok

Het kruinblok heeft de functie wandelpad en onderhoudsweg. De maatgevende belasting is de maaitractor met eigen gewicht  $\leq 14$  ton (Eis: S1.R.12.001). De maatgevende belastingsituatie voor het kruinblok is de gebruiksfase. Bijlage 7 toont aan dat minimale wapening benodigd is om de trekkracht in standaard beton klasse C35/45 op te nemen. De locatie en hoeveelheid wapening wordt verder uitgewerkt in UO. Uitgangspunt hiervoor is dat het beton bestand moet zijn tegen zout en dat de wapeningsdekking moet voldoen aan de geldende normen in een zout milieu.

De breedte en hoogte van het kruinblok liggen vast op basis van eisen. De minimale kruinbreedte moet 3 m bedragen (eis S1.A.007.4) en de dikte van de betonplaat van de getrapte bekleding op de kruin moet 0,46 m zijn (eis S.1.1.2.2.S.001). De lengte van het kruinblok is gelijk gehouden aan de lengte van de elementen van de getrapte bekleding (1 -2 m). Aangezien het kruinblok relatief hoog op het talud ligt is de hydraulische belasting relatief laag, omdat dit blok niet door directe golfaanval of grote opwaartse waterdrukken wordt belast. Daarnaast is het kruinblok zwaarder (breder  $B = 3$  m) uitgevoerd dan de overige elementen van de getrapte bekleding. Dit betekent dat als de elementen van de getrapte bekleding stabiel zijn onder de hydraulische belasting dat het kruinblok dit ook is. Paragraaf 2.6.1 beschrijft dat de elementen van de getrapte bekleding stabiel zijn.

## 2.7 Overgangsconstructies

De getrapte bekleding sluit aan op diverse onderdelen van Havendijk Den Oever. Hiervoor zijn verschillende overgangsconstructies nodig. De overgangsconstructies zijn onderverdeeld in:

- teenconstructies;
- overige overgangs- en aansluitingsconstructies.

### Teenconstructies

De getrapte bekleding moet voorzien zijn van een deugdelijke teenconstructie conform S1.1.2.3.S.011.

Een teenconstructie kan gezien worden als deugdelijk als:

1. de stabiliteit van de getrapte bekleding als geheel wordt gegarandeerd (weerstand tegen afschuiven en instabiliteit van het talud);
2. deze uitspoeling van granulaire materiaal voorkomt;
3. de afwatering van de getrapte bekleding naar de havenkade is gegarandeerd.

De teenconstructie van de getrapte bekleding bestaat voor het grootste deel uit een damwand met een kerende hoogte. De stabiliteit van de damwand is bepaald in de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII). Hiermee is de weerstand van de damwand tegen afschuiving/instabiliteit van het talud en de bekleding als geheel gegarandeerd.

De damwand moet worden voorzien van een betonnen deksloof. De deksloof moet zorgen voor een goede aansluiting van de elementen van de getrapte bekleding op de damwand. De nadere detaillering van de deksloof is geen onderdeel van deze rapportage. Vanuit de getrapte bekleding worden de volgende eisen gesteld aan de deksloof:

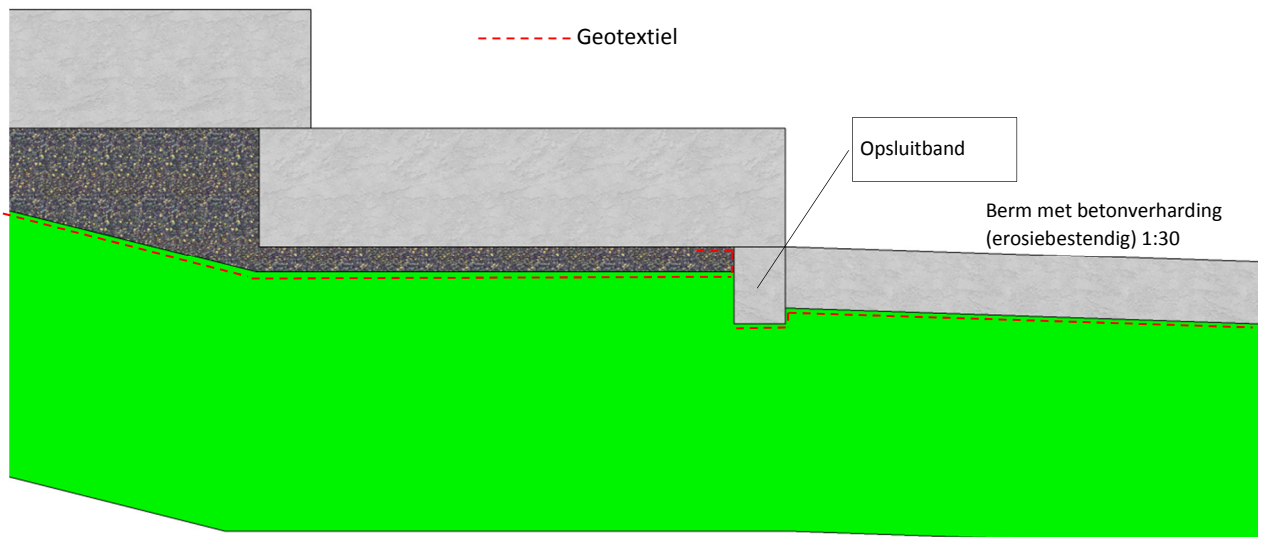
- de afwatering van de getrapte bekleding naar de havenkade moet zijn gegarandeerd;
- uitspoeling van de granulaire laag moet worden voorkomen.

De teenconstructie als geheel dient ook de afwatering van de getrapte bekleding naar de kade te garanderen. Naast de afwateringseis die gesteld wordt aan de deksloof moet het water uit de granulaire laag kunnen stromen. De damwand moet worden voorzien van gaten die waterdoorlatend zijn, maar klein genoeg om uitspoeling van het granulaire materiaal te voorkomen (zie ook uitvoering en fasering hoofdstuk 4).

In sectie 2 en 3A sluit de getrapte bekleding aan op de verharde bekleding op de berm van de havendijk. Voor de overgang tussen deze twee typen bekleding is een teenconstructie voorzien om een goede overgang te creëren (zie Figuur 27). De verharde bekleding op de berm bestaat uit een verharding van beton. De betonnen verharding is ook ontworpen op golfbelasting. Het ontwerp hiervan is opgenomen in de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII, Bijlage 8).

De teenconstructie heeft hier als functie dat het granulaire materiaal onder de getrapte bekleding niet uitspoelt naar de granulaire laag onder de betonnen bekleding op de berm. Een betonnen diepstekende opsluitband (tenminste de diepte van de granulaire filterlaag) is voorzien onder het onderste element van de getrapte bekleding. Deze opsluitband sluit de granulaire laag af. In de opsluitband zijn spleten tussen de opsluitbanden opgenomen waardoor water uit de granulaire laag onder de getrapte bekleding kan stromen en overdruk voorkomen wordt. Deze spleten tussen de elementen hebben een grootte van maximaal 10 mm met een hartafstand van 1 tot 2 m. Uitspoeling van het granulair materiaal door de

spleten wordt voorkomen door het omslaan van het geotextiel ter plaatse van de opsluitband. De berm met betonverharding wordt in-situ aangebracht direct op een geotextiel op klei. Hierdoor worden wateroverdrukken onder de plaatbekleding geminimaliseerd. Het ontwerp van de betonverharding is opgenomen in Ontwerpnota Dijken, kades, Getrapte bekleding (Ref. XXII).



Figuur 27: Principeschets getrapte bekleding aansluiting op de verharde bekleding op de berm Sectie 2 en 3A

In sectie 3B sluit de getrapte bekleding direct aan op de haventerrein. Hier is een opsluitband voorzien die de granulaire laag onder de getrapte bekleding volledig afsluit, conform de oplossing in Figuur 27. In plaats van de berm met betonverharding sluit in Sectie 3B de verharding van het haventerrein aan op de getrapte bekleding.

De oplossingsmethoden voor de verschillende teenconstructies zijn weergegeven op de tekeningen met de dwarsdoorsneden zoals bijgevoegd in Bijlage 2

### **Overige overgangs- en aansluitconstructies**

De overgangs- en aansluitingsconstructies mogen de stabiliteit van de getrapte bekleding niet negatief beïnvloeden tenzij aanvullende maatregelen zijn getroffen om de stabiliteit te garanderen. In deze paragraaf wordt omschreven hoe met overgangen is omgegaan.

#### Overgangen in hoogte

De kruinhoogte van Havendijk A varieert voor de diverse secties. Bij overgangen in kruinhoogte wordt het hoogteverschil overbrugd in de sectie met de laagst benodigde kruinhoogte. Dit gebeurt in principe onder een helling van 1:20. Hierdoor is de kruinhoogte binnen een sectie altijd voldoende.

Het kruinhoogteverschil tussen sectie 3B en 4A is teruggebracht naar 0,46 m, zodat dit verschil overbrugd kan worden door één elementhoogte. In het VO was dit 0,47 m. Dit is gedaan door de kruinhoogte van Sectie 4A te verhogen.

Het kruinhoogteverschil tussen Sectie 5 en Sectie 6 is 0,20 m (+6,71 m naar +6,91 m) en wordt overbrugd in de sectie met de laagste benodigde kruinhoogte. Ten behoeve van de aansluiting op het



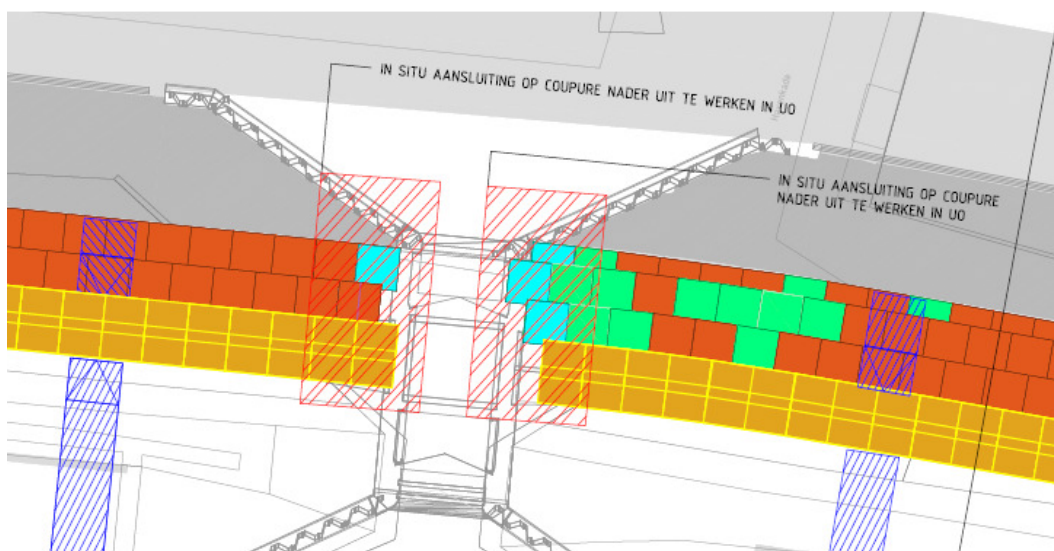
kruispunt bij Havendijk B is in Sectie 6 een kruinhoogteverschil van 0,50 m (+6,91 m naar +7,41). Beide kruinhoogteverschillen worden opgevangen door de kruinhoogte vloeiend over deze secties te laten oplopen onder een flauwe helling van circa 1:450. De minimale benodigde hoogte in Sectie 6 wordt hierdoor overal behaald. Het DO volgt hiermee overal de minimale kruinhoogtes zoals gepresenteerd in het VO. Door het vloeiend laten verlopen van de kruinhoogte wordt voorkomen dat getrapte kruinhoogtes ontstaan en tevens is voldaan aan de maximale taludhelling voor voetgangers van 1:25 en de impressies uit het projectplan.

#### Overgang naar de coupure

De coupure bevindt zich tussen sectie 2 en 3A. De aansluiting is onder te verdelen in twee aspecten:

- 1) aansluiting van de getrapte bekleding op de vleugelwanden;
- 2) aansluiting van het kruinblok op de brug over de coupure.

De getrapte bekleding sluit aan op de vleugelwanden van de coupure. De prefab elementen van de getrapte bekleding worden zover mogelijk doorgelegd. De aansluiting op de vleugelwanden waarbij geen hele elementen geplaatst kunnen worden, zullen in-situ elementen gestort worden. Hierbij worden vaste verbindingen gemaakt tussen in-situ gestorte elementen onderling en de in-situ gestorte elementen met de prefab elementen. Dit zal gebeuren door middel van stekken. De in-situ oplossing is ook noodzakelijk, omdat de vleugelwanden voor een deel rond lopen (Figuur 28). Hierdoor is het lastig om een met prefab elementen een aansluiting te realiseren die uitspoeling van filtermateriaal voorkomt.



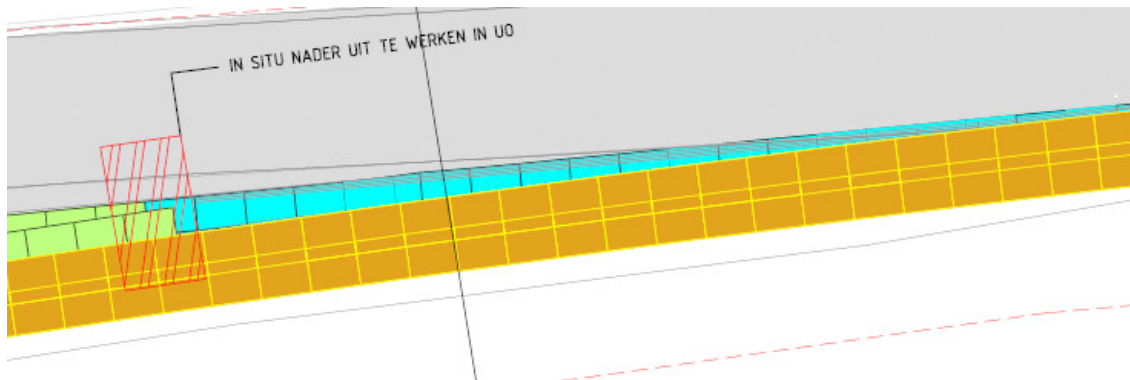
Figuur 28: Aansluiting op de Coupure, nader uit te werken in UO.

Het is in dit DO voorzien dat in alle gevallen waarbij geen heel element kan worden geplaatst een in-situ beton oplossing wordt aangebracht waarbij de dikte van het element gelijk is aan het prefab element (0,46 m).

De aansluiting van de kruin van sectie 2 en 3A op de brug over de coupure moet gedaan worden onder een helling. Het brugdek over de coupure ligt hoger dan het kruinblok van de getrapte bekleding. De kruinhoogte binnen sectie 2 en 3A loopt op onder een helling van 1:20 om het hoogteverschil te overbruggen. Dit is conform de vormgevingseis S1.A.005.4.

### Einde getrapte bekleding Sectie 6

De getrapte bekleding loopt in sectie 6 over in een reguliere bekleding. De elementen van de getrapte bekleding volgen hier het alignement van de weg die in sectie 6 overgaat van de ligging op het buitentalud naar de kruin. De elementen van de getrapte bekleding schuiven hierbij als het ware onder het kruinblok om het alignement te kunnen volgen (Figuur 29).



Figuur 29: Aansluiting getrapte bekleding Sectie 6, in UO nader uit te werken.

Mogelijk is het hier op bepaalde locaties noodzakelijk om in-situ te storten om knelpunten op te lossen. Nadere uitwerking van deze aansluitdetails is onderdeel van het UO.

### Aansluiting Havendijk A op Dokweg

Havendijk A sluit aan op de Dokweg (bij het peilschaalgebouw). Dit is een complexe aansluiting die grotendeels in-situ zal worden uitgevoerd. De nadere uitwerking hiervan vindt plaats in het UO.

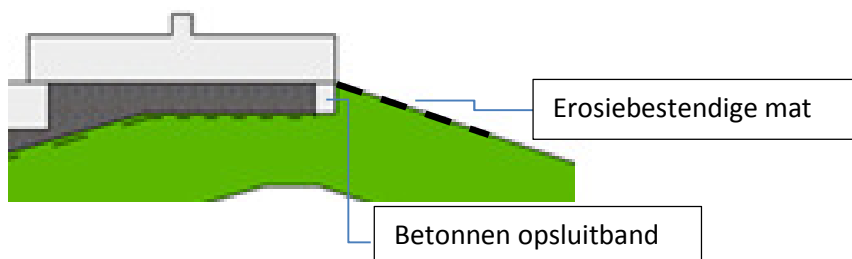
### Aansluiting pasblok op kruinblok

Op het kruinblok is een pasblok voorzien. De functie van het pasblok is om de hoogte van de havendijk te garanderen. Het pasblok moet daarom waterkerend zijn en op de juiste hoogte liggen. Het pasblok wordt in-situ gestort, op deze wijze kunnen ook uitvoeringstoleranties worden opgevangen (zie ook uitvoeringstoleranties in paragraaf 4.3). In het kruinblok worden stekken opgenomen van wapeningsstaal om een goede aansluiting te kunnen garanderen tussen het pasblok en het kruinblok. Hierdoor kan de waterkerende functie en de stabiliteit van het pasblok ook gegarandeerd worden.

### Overgang van kruinblok naar binnentalud

De overgang van het kruinblok naar het binnentalud van Havendijk A is een overgang tussen een harde bekleding (kruinblok) en een grasbekleding. Een dergelijke overgang is gevoelig voor lokale erosie ten gevolge van regenwater wat van het kruinblok afspoelt in combinatie met vernieling door betreding van het binnentalud. Daardoor bestaat het risico dat de granulaire laag, waarop het kruinblok geplaatst is, uitspoelt. De overgang is erosiebestendig gemaakt door een opsluitband te plaatsen die de granulaire laag afsluit en uitspoeling van materiaal voorkomt. Daarnaast is een erosiemat voorzien aan de bovenzijde van het binnentalud die erosie ten gevolge van regenwater en betreding moet voorkomen. Figuur 30 geeft het principe van de aansluiting weer. De lengte van de erosiebestendige mat is bepaald op basis van een grove inschatting, omdat verwacht wordt dat alleen het bovenste deel van het talud erodeert. In verband met beheer zal de erosiemat onder de teelaarde worden aangebracht. In het UO zal dit verder uitgewerkt worden.

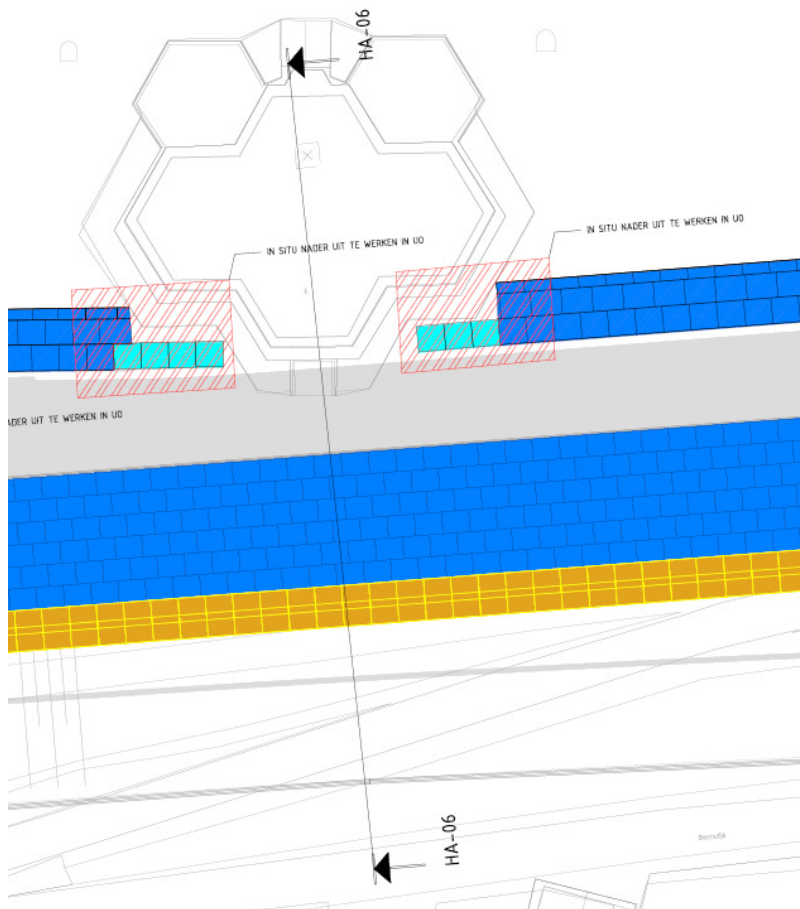
De aan te brengen grasmat in combinatie met de kleilaag van 1 m is voldoende dik om de erosie ten gevolge van golfoverslag te kunnen weerstaan van  $q = 5 \text{ l/s/m}$ , zowel met open als gesloten zode (Handreiking werken met overstromingskansen, Ref. XVII). Daarom volstaat een beperkte bescherming door middel van een erosiebestendige mat over een lengte van 2 m.



Figuur 30: principe aansluiting kruinblok en binnentalud

#### Aansluiting terp restaurant Basalt

De weg tussen de huidige dijk en restaurant Basalt wordt in de te realiseren situatie verhoogd naar de ligging van de terp van restaurant basalt. In sectie 3B loopt de getrapte bekleding hierdoor ook door op het ondertalud tot aan de kade. De getrapte bekleding wordt beëindigd bij de terp van restaurant Basalt. Hiervoor is een verticale opsluitconstructie voorzien die de getrapte bekleding in de dwarsdoorsnede afsluit (Figuur 31).



Figuur 31: Detail aansluiting restaurant Basalt, nader uit te werken in UO.

Deze verticale opsluitconstructie heeft als functie om de stabiliteit te garanderen en uitspoeling van het filtermateriaal te voorkomen. Hierbij wordt deze verticale constructie een onderdeel van de primaire waterkering. De detaillering wordt nader uitgewerkt in het UO.

## 2.8 Niet waterkerende objecten (NWO)

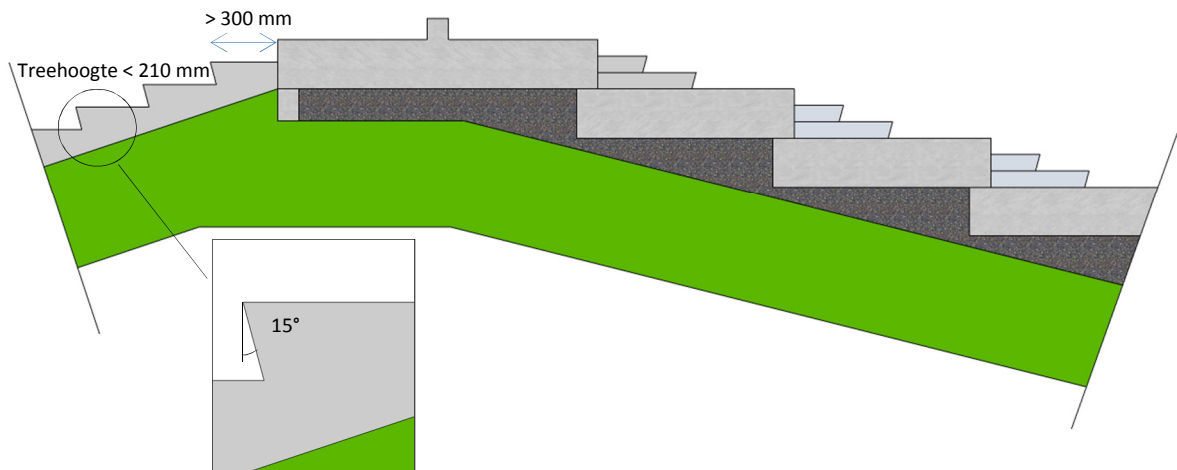
Niet waterkerende objecten (NWO's) zijn onderverdeeld in dijktrappen en overige objecten, omdat aan dijktrappen specifieke eisen gesteld worden in relatie tot de stabiliteit. Voor de overige NWO's is de verwachting dat de invloed op de waterveiligheid van de getrapte bekleding beperkt is. Dit zal in het UO verder worden geverifieerd.

### Dijktrappen

Met dijktrappen worden de dijktrappen bedoeld die dienen als dijkovergang. Dijktrappen zitten zowel op het binnen- als op het buitentalud van Havendijk A en hebben aan beide zijden een raakvlak met de getrapte bekleding. De dijktrappen hebben een breedte van 2,50 m (eis S.1.1.6.1.S.001). Een onderscheid wordt gemaakt tussen de dijktrappen op het buiten- en binnentalud.

De trappen op het buitentalud van Havendijk A liggen op de getrapte bekleding. De treehoogte is maximaal 210 mm, zoals gespecificeerd in het bouwbesluit. Dat betekent dat 2 additionele treden nodig zijn om het hoogteverschil van 0,46 m tussen de elementen van de getrapte bekleding te overbruggen.

De aantrede (breedte) van de trede moet groter of gelijk aan 300 mm, met een trapwelhoek van ongeveer 15° (Ref. I), zoals aangegeven in Figuur 32. De typische oplossing voor de overgang van de dijktrappen met de aansluiting op het binnentalud is weergegeven in Figuur 32.



Figuur 32: principe aansluiting dijktrap

De treden van de dijktrappen worden uitgevoerd met prefab betonnen elementen. Deze worden zo bevestigd aan de elementen van de getrapte bekleding dat deze een geheel vormen met de elementen van de getrapte bekleding. De stabiliteit van de traptreden is daarmee gegarandeerd en schade ten gevolge van golfklappen en golfoploop is voorkomen (eis S1.1.6.1.S.008). De bevestigingsmethode wordt nader uitgewerkt in het UO.

De trappen op het binnentalud moeten aansluiten op het kruinblok van de getrapte bekleding. Daarnaast is besloten dat de dijktrappen op het binnentalud het talud iets uitlopen naarmate de trap dichterbij het kruinblok komt. Figuur 32 laat alleen het principedetail van het bovenste deel van de dijktrap zien. De verdere detaillering volgt in UO. De aansluiting op het kruinelement is zodanig dat deze voldoet aan de impressie conform figuur 5-4 van het projectplan [ref. VI]. Een dijktrap op het binnentalud kan gevoelig zijn voor erosie.

Een kleikist is opgenomen onder de dijktrappen op het binnentalud om extra weerstand te bieden tegen de erosie. Aan beide zijden van de trappen zal een erosiemat worden toegepast onder de teelaarde om doorgaande erosie van de kleilaag te voorkomen.

## 2.9 Beheer & Onderhoud

Conform eis S1.A.008.1 is het ontwerp gemaakt van beton, wat voldoet aan de eis aan materiaal dat een levensduur heeft van 50 jaar. Hiermee zijn de elementen in principe onderhoudsvrij.

Tevens is conform eis S.1.1.2.3.S.002 een afschot aangebracht waarmee gedurende de levensduur de getrapte bekleding te allen tijde afwaterend is.

Gedurende de levensduur zal de wettelijk voorgeschreven toetsing moeten worden uitgevoerd conform de wettelijk voorgeschreven frequentie (anno 2017 is dat iedere 12 jaar) en conform de Toetsmethodiek Getrapte Bekleding (Ref. XXV).

Tijdens de gebruiksfase wordt geadviseerd om met enige regelmaat inspecties uit te voeren om onvoorziene schade aan de elementen (bijvoorbeeld vandalisme, mechanische schade als gevolg van ongeëigend gebruik) in vroeg stadium te herkennen en te kunnen herstellen.

Tabel 17 geeft een specificatie van de verwachte onderhouds- en inspectie-inspanning conform eis S-OW430 aan het definitief ontwerp.

| Onderhoudsaspecten                                         | Inspectie-methode          | Inspectie-frequentie          | Onderhouds-werkzaamheden                                                                                                                                                                                                                  | Onderhouds-frequentie                    |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Scheurvorming                                              | Visueel                    | 1x per jaar                   | Vullen van scheuren met beton                                                                                                                                                                                                             | Niet verwacht                            |
| Mechanische schade                                         | Visueel                    | Na een melding of zware storm | Reparatie/vervangin g element                                                                                                                                                                                                             | Niet verwacht                            |
| Wettelijke toetsing                                        | Visueel/ document controle | 1 x per 12 jaar               | n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                    | n.v.t.                                   |
| Herplaatsen elementen bij te grote verschilzakking         | Visueel/opmeten            | 1 x per 12 jaar               | Uitvullen met granulair materiaal en herplaatsen element                                                                                                                                                                                  | Niet verwacht                            |
| Herplaatsen elementen bij te grote spleten                 | Visueel/opmeten            | 1 x per 12 jaar               | Uitvullen met granulair materiaal en herplaatsen element                                                                                                                                                                                  | Niet verwacht                            |
| Herstellen aansluiting overgang kruinblok naar binnentalud | Visueel                    | 1x per jaar                   | Bovenste deel van het talud moet handmatig gemaaid worden omdat bestaande maaimachines niet tegen het kruinelement kunnen komen. Tevens is een erosiemat aangebracht op het bovenste deel van het talud wat handmaaien noodzakelijk maakt | Open seizoen 1x week (2 tot 3x per jaar) |
| Schoonmaken                                                | Visueel                    | 1x per jaar                   | Vegen, sproeien                                                                                                                                                                                                                           | 1x per jaar                              |

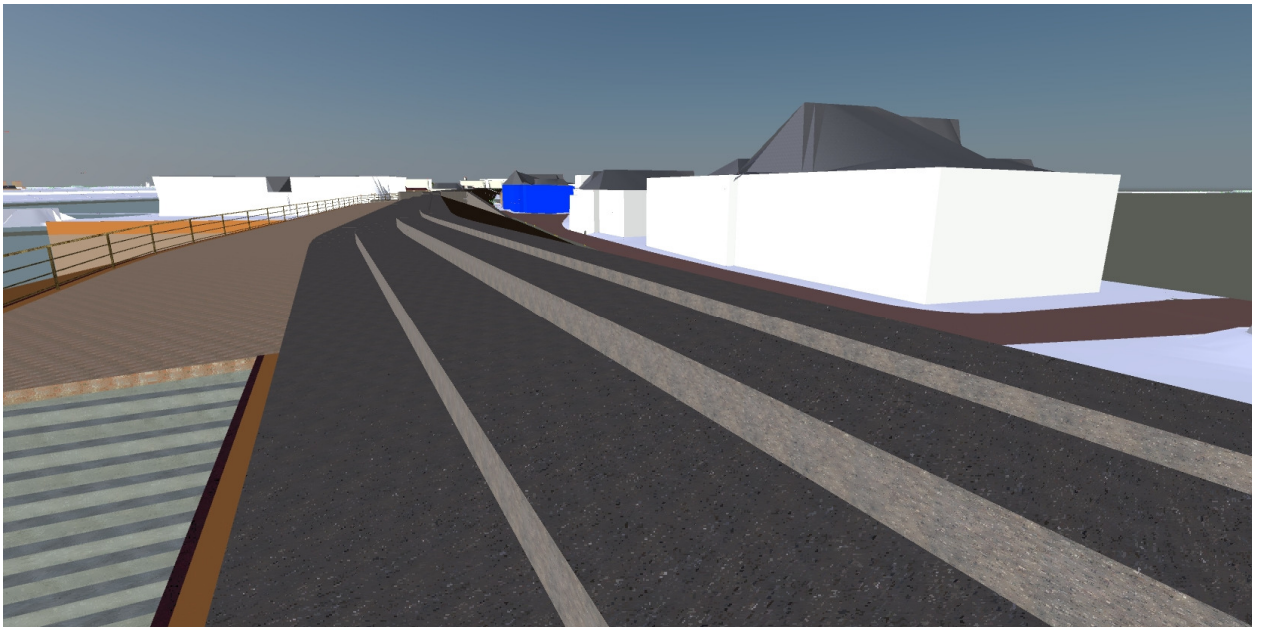
Tabel 17: Lijst met benodigde onderhouds- en inspectie-inspanningen gedurende de levensduur conform eis S-OW430



De benodigde middelen en de geraamde geïndexeerde kosten en het jaar waarin de kosten optreden gedurende de levensduur zullen worden opgenomen in het B&O plan (eis ANX-00029) worden opgenomen.

## 2.10 Visualisaties

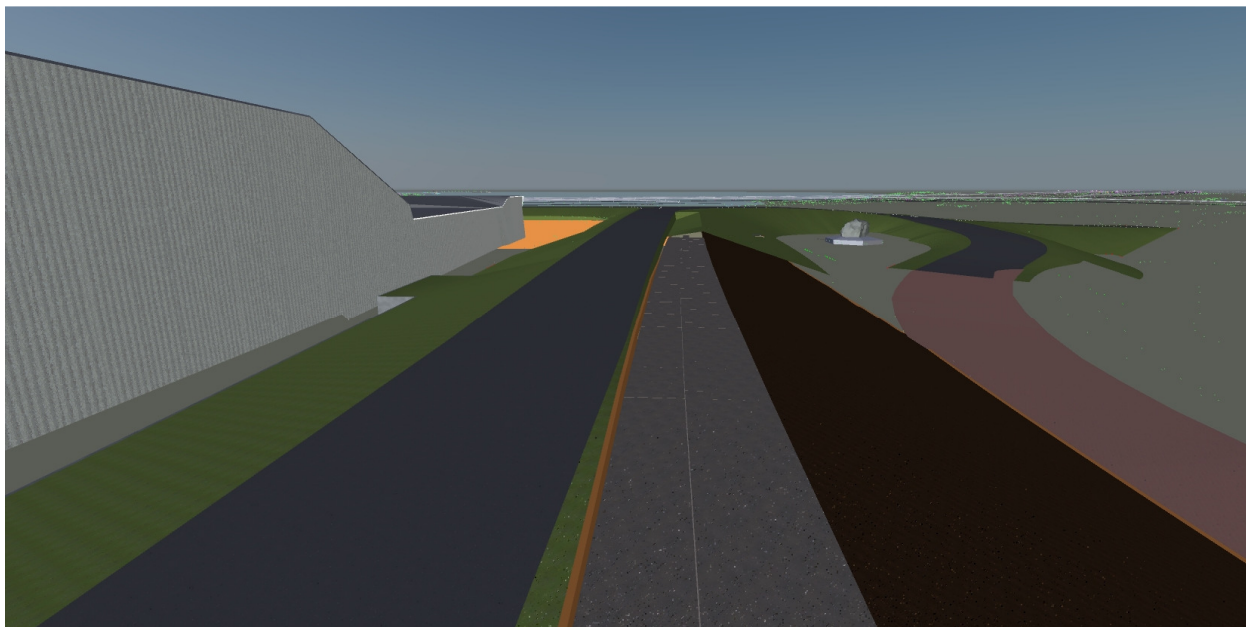
Het ontwerp voor de getrapte bekleding is opgenomen in het 3D CAD model voor het project Havendijk Den Oever. Figuur 33 tot en met Figuur 35 geven de artist impressions op verschillende locaties met daarop de getrapte bekleding waarin de blokoptimalisatie (Van Oord blok) is meegenomen.



Figuur 33: Artist impression getrapte bekleding Sectie 2, kijkend richting de Noorderhaven



Figuur 34: Artist impression getrapte bekleding Sectie 3, kijkend richting de coupure



Figuur 35: Artist impression getrapte bekleding Sectie 5, kijkend richting dijkovergang bij Sectie 6



## **3. RISICO'S & RAAKVLAKKEN**

### **3.1 Risico's**

De projectrisico's voor de getrapte bekleding zijn tijdens de DO fase geïnterpreteerd en waar mogelijk beheerst en voorzien van een realistische beheersmaatregel om het (rest)risico te minimaliseren. De risicotabel is toegevoegd in Bijlage 3 van dit rapport.

### **3.2 Raakvlakken**

De raakvlakken zijn binnen het project geïnterpreteerd en gecategoriseerd. Hierbij is het volgende onderscheid gemaakt:

1. Er is geen raakvlak
2. Er is een raakvlak, maar niet risicovol
3. Er is een risicovol raakvlak, maar deze is gedekt in eisen
4. Er is een risicovol raakvlak maar deze is niet gedekt binnen bestaande eisen en deze moet worden beheerst middels een beheersmaatregel.

Deze ontwerpnota bevat de risicovolle raakvlakken die nog niet gedekt zijn in eisen en die nog moeten worden beheerst. De tabel met deze risicovolle raakvlakken inclusief beheersmaatregel en identificatie in welke fase deze maatregelen genomen zouden moeten worden zijn opgenomen in Bijlage 3Bijlage 4 van deze ontwerpnota.

## **4. UITVOERING, FASERING & OMGEVING**

### **4.1 Uitvoering en Fasering**

De elementen voor de getrapte bekleding kunnen geplaatst worden nadat het geotextiel en filterconstructie is aangebracht op de kleilaag. Ten behoeve van de afwatering dienen openingen aangebracht te worden in de damwand met een diameter van maximaal Ø10 mm hartafstand 1 tot 2 m. In de uitvoering dient gecontroleerd te worden dat deze gaten aan de onderzijde van de filterlaag worden aangebracht zodat de getrapte buitentaludbekleding gedurende de periode 2020 tot 2070 te allen tijde afwaterend is richting het haventerrein (eis S.1.1.2.3.S.002). Daartoe worden ook de elementen van de getrapte bekleding met een afschot geplaatst richting haventerrein. Dit afschot wordt aangebracht tijdens de uitvoering in het filtermateriaal. Het afschot wordt niet in de elementen zelf aangebracht, omdat dit minder flexibiliteit geeft in de uitvoering.

De elementen van de getrapte bekleding worden uitgevoerd met prefab beton elementen. Deze elementen worden geïnstalleerd met een klem zodat de prefab elementen op druk worden belast, zodat geen wapening benodigd is. Het kruinblok heeft wel wapening.

De toleranties voor de uitvoering zullen zeer beperkt zijn en worden in UO verder uitgewerkt. Het pasblok op het kruinelement zal na installatie van de getrapte bekleding en kruinblok in-situ worden opgestort, zodat uitvoeringstoleranties kunnen worden opgevangen met het pasblok. Hierdoor kunnen we een vloeiende kruinlijn bewerkstelligen, zonder abrupte overgangen.

De fasering van de plaatsing van de elementen volgt de fasering van de aanleg van de dijk. Dat houdt in dat na beëindiging van de consolidatie periode het dijkprofiel wordt afgewerkt onder het juiste profiel en vervolgens zo snel mogelijk gereed wordt gemaakt om de getrapte bekleding te installeren.

### **4.2 Monitoring**

Er is geen monitoring voorzien voor de getrapte bekleding. De getrapte bekleding zal worden geïnstalleerd als uit monitoring van de zettingen volgt dat consolidatie het gewenste niveau heeft behaald. Hiervoor wordt verwezen naar de Ontwerpnota DO Dijken en Kades (Ref. XXII, §2.5.3).

### **4.3 Eisen en randvoorwaarden realisatie**

De eisen voor uitvoering zullen worden vastgelegd in het UO. De volgende eisen volgen uit het DO en zullen in het UO verder moeten worden aangevuld en/of worden uitgewerkt:

- De kruin dient geschikt te zijn als wandelroute. De afwerking van de beton dient daar stroef, vlak te zijn met onregelmatigheden  $\leq 5$  mm (eis S1.1.R.001);
- Bij oplevering mag het hoogteverschil tussen twee opeenvolgende elementen niet groter of gelijk zijn dan 10 mm (eis S.1.1.2.3.S.008);

- De kieren/spleten tussen de elementen van de getrapte bekleding moeten klein zijn dan, of gelijk zijn aan 20 mm (eis S.1.1.2.3.S.010). Daarnaast moeten de stootvoegen groter of gelijk aan 10 mm;
- De levensduur van het gebruikte beton moet groter dan of gelijk zijn aan 50 jaar (eis BIN-01156);
- De kerende hoogte volgend uit het DO van de Havendijk dient binnen een tolerantie tussen - 0,00 m en + 0,05 m te zijn afgewerkt ten opzichte van de volgende tijdafhankelijke waarde berekend uit de som van (eis S1.A.006.1):
  - De kerende hoogte volgens eis BIN-01160;
  - De uit zettingsmonitoring berekende restzettingsprognose en uit verdichtingsmetingen afgeleide klinkprognose welke ten hoogste zal kunnen optreden tot het jaar 2070;
  - Het overgangsprofiel tussen de dijksecties conform eis S1.A.005.4;
- De minimale dikte van de filterlaag onder de getrapte bekleding bedraagt 0,1 m, met een tolerantie van -0,0 m en +0,05 m;
- De elementen van de getrapte bekleding moeten geplaatst worden met een bandenklem zodat het element op druk belast wordt tijdens de plaatsing van de elementen.
- De elementen worden uitgevoerd met een vellingkant om afbrokkelen aan de randen te voorkomen (eis S.1.1.2.3.S.004). Het DO voorziet een vellingkant aan de blokken van 20 mm.

## 5. VEILIGHEID

### 5.1 Constructieve Veiligheid

Het aspect constructieve veiligheid behandelt de veiligheid van personen met betrekking tot het bezwijken van of het ontstaan van schade aan constructies en voorzieningen van de te realiseren objecten tijdens de ontwerp-, realisatie- en in de gebruiksfase. Dit heeft betrekking op de veiligheid van personen of objecten met betrekking tot instabiliteit van de grond, taluds en tijdelijke hulpconstructies. Hier horen tevens de tijdelijke (hulp)constructies of tijdelijke situaties van de definitieve constructie bij die nodig zijn voor de realisatie.

De veiligheidseisen voor het ontwerp zijn ontleend aan bestaande wet- en regelgeving, (lokale) bouwvoorschriften, van toepassing zijnde interne procedures, ontwerpvoorschriften en normen. Deze eisen zijn per werkpakket gekoppeld en uitgewerkt.

In Hoofdstuk 2 van dit rapport zijn de ontwerpbeschouwingen van alle belastingen, functionaliteit, sterkte, stabiliteit en alle mogelijke faalmechanismen beschreven. De berekeningsresultaten tonen aan dat het voorliggende DO constructief veilig is.

Waar relevant zijn tijdelijke situaties beschouwd bij het uitwerken van het DO. Veiligheid van de tijdelijke situatie wordt specifiek geborgd in het Instandhoudingsontwerp Bouwfase (VSP § 5.1.5), welke onderdeel is van de ontwerpnota UO.

### 5.2 Arbeidsveiligheid

De integrale veiligheidsaspecten tijdens de realisatie, gebruik, beheer en onderhoud zijn vastgelegd in het V&G plan ontwerp, zie Ref. XXIV.

## 6. SPECIFICATIES

Dit hoofdstuk beschrijft de materiaal specificaties. De specificaties zijn uitgewerkt tot het niveau waarop het DO is gebaseerd. Dus dit zijn de minimale specificaties waaraan het materiaal zal moeten voldoen. In het UO zullen de specificaties nader uitgewerkt worden. Alle materialen moeten een levensduur hebben tenminste 50 jaar.

### 6.1 Beton

De betonsterkteklasse voor de elementen voor de getrapte bekleding (ongewapend) is minimaal C30/37. De betonsamenstelling moet zo gekozen worden dat deze bestand is tegen aantasting door zout milieu.

De betonsterkteklasse voor het kruinelement (gewapend) is minimaal C35/45. Milieuklasse XC4/XD3/XS3/XF2.

### 6.2 Granulair filter materiaal

De filterlaag bestaat uit gravel met gradering 20/40 mm. De karakteristieken van deze gradering zijn overgenomen uit Ontwerp Schutsluizen (Ref. XVI).

$D_{f15}$  : 17,5 – 25,0 mm

$D_{f50}$  : 22,0 – 31,5 mm

$D_{f85}$  : 28,5 – 31,5 mm

### 6.3 Geotextiel

Het geotextiel wordt aangebracht als een filterdoek direct op de kleilaag om uitspoeling van uit de kleilaag te voorkomen.

De  $O_{90}$  van het geotextiel bedraagt  $0,075 < O_{90} \leq 0,100$  mm op basis van de CUR205 (Ref. XV). Deze richtlijn geeft tevens een minimale treksterkte bij breuk in zowel de lengte richting als dwarsrichting die minimaal 35 kN/m moet zijn voor een weefsel en 15 kN/m voor een vlies met een minimale permittiviteit van  $\psi \geq 1.10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

Het geotextiel wordt omgeslagen ter plaatste van de overgangsconstructies met voldoende overlap ( $\geq 0,5$  m).

## **7. REFERENTIES**

### **7.1 Bindende documenten**

- I. Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever, C03011.000270.4101.
- II. Ontwerpprojectplan Hoogwaterkering Den Oever, 15.0023518

### **7.2 Informatieve documenten**

- III. Arcadis (2015). Oplegnotitie 2060-2070. Dijkversterking Den Oever, analyse en consequenties planperiode tot 2070. 4 maart 2015.
- IV. G. van Vledder (2016). Golfperioden Hoogwaterkering Den Oever. 19 december 2016.
- V. Arcadis(2015). Hoogwaterkering Den Oever, Niet-waterkerende objecten. 13 mei 2015.
- VI. HHNK (2015). Ontwerpprojectplan. Hoogwaterkering Den Oever. 1 december 2015. Versie 0.4.

### **7.3 Ontwerprapporten en Standaarden**

- VII. CUR (1992). Rapport 156: Cement betonnen plaatbekledingen op dijken en oevers.
- VIII. TAW (1999). Leidraad zee- en meerdijken basisrapport, TAW Rapport. December 1999.
- IX. TAW (2003). Technisch Rapport Steenzettingen Ontwerp, TAW Rapport. December 2003.
- X. TAW (2003), Leidraad Kunstwerken, TAW Rapport. Mei 2003.
- XI. EurOtop (2016). Manual on wave overtopping of sea defences and related structures.
- XII. Van Doorslaer et al. (2012). Wave forces on storm walls, small and large scale experiments.
- XIII. Führböter, A. , Sparboom, U. (1988). Shock pressure interactions on prototype sea dykes caused by breaking waves.
- XIV. Tsinker, G.P. (1997). Handbook of Port and Harbor Engineering. Geotechnical and Structural aspects.
- XV. CUR (2016), Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen (eenvoudige methode), concept rapport.
- XVI. RWS (2001), Ontwerp Schutsluizen, deel 2 Appendix 16.1 Standaard graderingen
- XVII. RWS (2013), Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, versie 1.0 23 december 2013

- XVIII. Deltares (2015), Documentatie STEENTOEST2015, Excel-programma voor het berekenen van de stabiliteit van steenzettingen, Deltares rapport versie 15.1.3.1 november 2015, met kenmerk 1209832-006-HYE-0006.
- XIX. WL | Delft Hydraulics (2006), Kennisontwikkeling t.b.v. STEENTOETS2006. Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen. November 2006.

## 7.4 Van Oord documenten

- XX. Van Oord (2017). Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding. 154670-REA-ENG-25.
- XXI. Van Oord (2017). Uitgangspuntennota Dijken. 154670-REA-ENG-18.
- XXII. Van Oord (2017). Ontwerpnota DO Dijken en Kades 154670-REA-ENG-101.
- XXIII. Van Oord (2017). Verificatieplan WP-4-1-5 DO Getrapte bekleding. 154670-REA-ENG-119.
- XXIV. Van Oord (2017). V&G plan Ontwerpfase. 154670-REA-HSE-3
- XXV. Van Oord (2017). Toetsmethodiek Getrapte Bekleding. 154670-REA-ENG-260

## BIJLAGEN

### Bijlage 1      Nota van Uitgangspunten



## Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding

**Projectnaam:** Havendijk Den Oever  
**Overeenkomst:** Engineering & Construct Dijkversterking Den Oever  
**Opdrachtgever:** Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
**Projectnummer:** 154670  
**Opdrachtnemer:** Van Oord Nederland B.V.

**Documentcode:** 154670-REA-ENG-25  
**Werkpakketnummer:** WP-4-1-3, WP-4-1-4, WP-4-1-5  
**Objectnummer:** S1.1.02 Dijkbekleding  
**Activiteitnummer:** A5.1.4 (OW) Opstellen van ontwerpnota DO  
**Status:** Ter toetsing  
**Revisie:** 3.0 - 24-02-2017  
**Aantal pagina's:** 20 (exclusief bijlagen)

| Rev. no. | Verificatie                       |               | Goedkeuring |            |
|----------|-----------------------------------|---------------|-------------|------------|
|          |                                   |               | initialen   | datum      |
|          | Opsteller                         | C. Kuiper     | CKU         | 24-02-2017 |
|          | Procescontrole door procesmanager | E. van Wichen | EVW         | 24-02-2017 |
|          | Autorisatie door projectmanager   | W. Bontenbal  | WUB         | 24-02-2017 |

| Acceptatie        |                      |  |   |          |
|-------------------|----------------------|--|---|----------|
|                   | Geaccepteerd door OG |  |   | N.v.t.   |
| Vrijgave document |                      |  |   |          |
|                   | Vrijgave             |  | ✓ | 24/02/17 |

| Documenthistorie |            |                                                                     |
|------------------|------------|---------------------------------------------------------------------|
| Rev.no.          | Datum      | Omschrijving                                                        |
| 3.0              | 24-02-2017 | Aanpassing aan schematisatie faalmechanismen n.a.v. vooroverleg ENW |
| 2.0              | 12-01-2017 | Inclusief aanpassingen na review HHNK                               |
| 1.0              | 18-11-2016 |                                                                     |

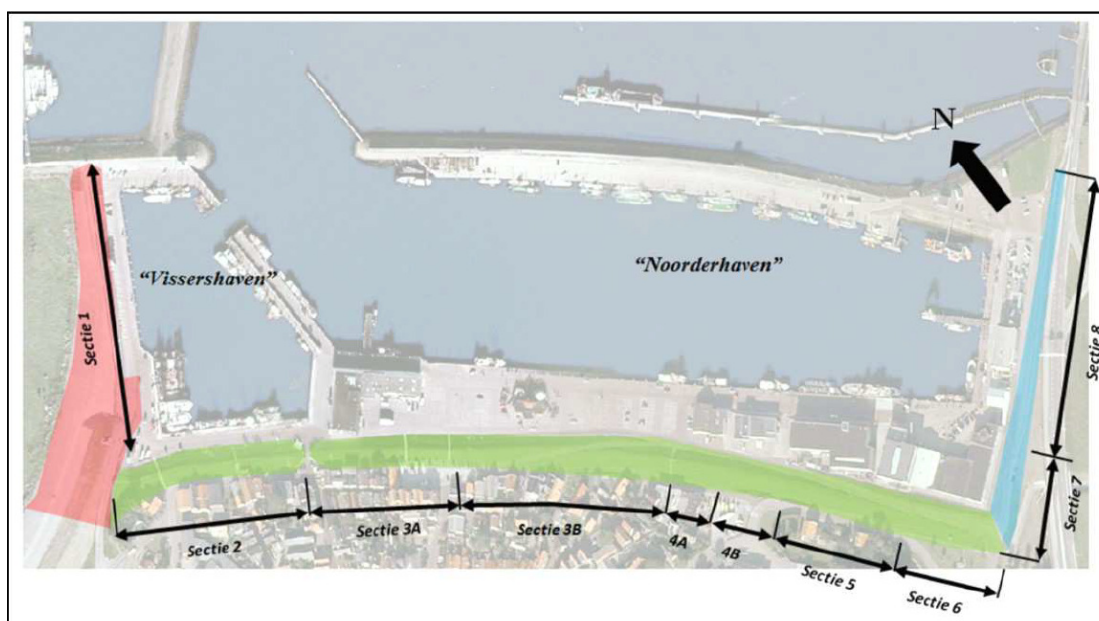
## INHOUDSOPGAVE

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCTIE.....</b>                                                 | <b>3</b>  |
| 1.1      | Doel, scope en detail niveau .....                                      | 3         |
| 1.2      | Verwante Ontwerpdocumenten .....                                        | 3         |
| 1.3      | Koppeling aan Werkpakketten.....                                        | 3         |
| <b>2</b> | <b>Herhalingstijd en planperiode.....</b>                               | <b>5</b>  |
| 2.1      | Herhalingstijd .....                                                    | 5         |
| 2.2      | Planperiode.....                                                        | 5         |
| <b>3</b> | <b>Hydraulische randvoorwaarden en overige belastingen .....</b>        | <b>6</b>  |
| 3.1      | Hydraulische belastingen.....                                           | 6         |
| 3.2      | Overige belastingen .....                                               | 8         |
| <b>4</b> | <b>eisen .....</b>                                                      | <b>9</b>  |
| 4.1      | Functionele eisen bekleding .....                                       | 9         |
| 4.2      | Toegankelijkheid en veiligheid.....                                     | 9         |
| 4.3      | Eisen getrapte bekleding .....                                          | 10        |
| 4.4      | Geometrische eisen .....                                                | 10        |
| 4.5      | Uitvoeringseisen .....                                                  | 11        |
| 4.6      | Eisen vanuit onderhoud .....                                            | 12        |
| 4.7      | Overige eisen getrapte bekleding .....                                  | 12        |
| <b>5</b> | <b>Uitgangspunten .....</b>                                             | <b>13</b> |
| 5.1      | Geometrische uitgangspunten.....                                        | 13        |
| 5.2      | Ontwerpmethoden .....                                                   | 14        |
| 5.3      | Faalmechanismen .....                                                   | 14        |
| 5.4      | Veiligheidsfactoren en uitgangspunten ten aanzien van belastingen ..... | 15        |
| 5.5      | Overige Uitgangspunten .....                                            | 17        |
| <b>6</b> | <b>REFERENTIES .....</b>                                                | <b>18</b> |
| 6.1      | Bindende documenten .....                                               | 18        |
| 6.2      | Informatieve documenten .....                                           | 18        |
| 6.3      | Ontwerprapporten en standaarden.....                                    | 18        |
| 6.4      | Van Oord documenten.....                                                | 18        |
|          | <b>Bijlagen.....</b>                                                    | <b>19</b> |
|          | Bijlage 1 Stroomschema ontwerpmethode getrapte bekleding .....          | 19        |

# 1 INTRODUCTIE

## 1.1 Doel, scope en detail niveau

Dit rapport beschrijft de uniforme eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten voor het Definitief Ontwerp van de getrapte bekleding en steenzettingen op Havendijk A (Sectie 2 tot en met 6) en Havendijk B (Sectie 7 en 8) van het Project Dijkversterking Den Oever. Dam 11 bevindt zich ter plaatse van Sectie 1 en om aan de eisen van waterveiligheid te voldoen wordt over vrijwel de gehele lengte een nieuwe kadeconstructie (damwand) gerealiseerd. Figuur 1 geeft een overzicht van de projectlocatie en de aangegeven secties.



Figuur 1: Situatieschets

## 1.2 Verwante Ontwerpdocumenten

Deze uitgangspuntennota is onderdeel van het DO van de bekleding van Havendijk A en Havendijk B. Voor het DO is naast deze uitgangspuntennota een eisen verificatienota en een ontwerpnota opgesteld. Een aparte ontwerpnota, inclusief uitvoeringstekeningen en uitvoeringsberekeningen, wordt opgesteld voor het UO.

Naast de Uitgangspuntennota Verharde bekleding (dit document) zijn er twee andere uitgangspuntennota's opgesteld:

- Uitgangspuntennota Dijklichaam, 154670-REA-ENG-18
- Uitgangspuntennota Coupure, 154670-REA-ENG-69

## 1.3 Koppeling aan Werkpakketten

De objecten in deze uitgangspuntennota zijn op onderstaande manier gekoppeld aan de verschillende werkpakketten:

| Objecten           | Werkpakket code | Werkpakket                 |
|--------------------|-----------------|----------------------------|
| Havendijk A        | WP-4-1-3        | DO Havendijk A incl. kaden |
| Havendijk B        | WP-4-1-4        | DO Havendijk B incl. kaden |
| Getrapte bekleding | WP-4-1-5        | DO Getrapte bekleding      |

Tabel 1: Gerelateerde objecten

## **2 HERHALINGSTIJD EN PLANPERIODE**

### **2.1 Herhalingstijd**

De Havendijk Den Oever is onderdeel van Dijkkringgebied 12. Dijkkringgebied 12 dient gedurende de periode 2020 - 2070 het ingesloten gebied te beschermen tegen hoogwater en golven van de Waddenzee die volgens de Nota van Uitgangspunten kunnen optreden met een overschrijdingsfrequentie van 1/4,000 per jaar (eis: BIN-01159, BIN-01162).

### **2.2 Planperiode**

De getrapte bekleding en steenzetting die als bekleding word toegepast op Havendijk A en Havendijk B dient te zijn ontworpen voor de planperiode van 50 jaar (eis: S1.A.008.2).

### 3 HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN EN OVERIGE BELASTINGEN

#### 3.1 Hydraulische belastingen

##### Waterstanden

De maatgevende ontwerpwaterstand voor een planperiode van 50jr, incl. een toeslag van 0,44m is bindend voorgeschreven (eis: BIN-01159) en bedraagt:

| Planperiode | Windrichting (°N) | Waterstand (NAP + m) |
|-------------|-------------------|----------------------|
| 50 jaar     | 330               | 5,15                 |

Tabel 2: Ontwerpwaterstanden (Ref. I, Tabel 2)

De gemiddelde waterstand in Den Oever (Waddenzee) is:

$$GW = \text{NAP} + 0,06 \text{ m}$$

Hoog- en laagwaterstanden zijn gegeven in Tabel 3.

| Type getij    | Hoogwater | Laagwater |
|---------------|-----------|-----------|
| Doodtij       | + 0,62    | - 0,70    |
| Gemiddeld tij | + 0,72    | - 0,82    |
| Springtij     | + 0,82    | - 0,87    |
| 1/10 per jaar | + 3,25    |           |

Tabel 3: Hoog- en laagwaterstanden in Den Oever t.o.v. NAP (Ref. I, §4.2.1)

Voor het ontwerp voor een planperiode van 50 jaar wordt uitgegaan van een zeespiegelstijging van 0,44m. Deze waarde dient opgeteld te worden bij de gemiddelde waterstand en de waterstanden vermeld in Tabel 3 voor de maatgevende waterstanden in 2070 (Ref. I, §7.1).

Voor de waterstand na val hoogwater wordt aangehouden NAP -1,0 m (Ref. I, §7.1).

##### Golfrandvoorwaarden

De golfcondities zijn bindend voorgeschreven door de opdrachtgever (eis: BIN-01162). De volgende golfrandvoorwaarden worden gebruikt voor het ontwerp (bij maatgevende windrichting 330° N en bij de afwezigheid van het schor aan de Waddenzeezijde van Dam 11):

| Ontwerp<br>dwarsprofiel | Uitvoerpunt<br>golfmodel | Golfhoogte<br>$H_{m0}$ (m) | Golfperiode<br>$T_{m-1,0}$ (s) | Golfinvalshoek<br>$\beta$ (°) |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 2                       | 3                        | 1,43                       | 4,82                           | 27,76                         |
| 3A                      | 4                        | 1,54                       | 5,17                           | 25,35                         |
| 3B                      | 7                        | 1,54                       | 5,07                           | 17,28                         |
| 4A/4B                   | 10                       | 1,04                       | 4,74                           | 33,93                         |
| 5                       | 11                       | 0,98                       | 4,89                           | 31,34                         |
| 6                       | 13                       | 1,04                       | 4,81                           | 34,60                         |
| 7                       | 14                       | 1,09                       | 4,78                           | 42,74                         |
| 8                       | 15 <sup>1</sup>          | 0,68                       | 4,04                           | 20,53                         |
| 9                       | 16 <sup>1</sup>          | 0,68                       | 4,04                           | 8,23                          |
| 10                      | 17 <sup>1</sup>          | 0,68                       | 4,04                           | 3,35                          |

Tabel 4: Golfcondities (Ref. I, Bijlage 2)

De locaties van de dwarsdoorsneden zijn gegeven in Ref. V.

Aanvullend zijn golfpiekperioden aangeleverd die behoren bij de golfcondities uit Tabel 4 (Ref. IX, Tabel 3).

| Ontwerp<br>dwarsprofiel | Uitvoerpunt<br>golfmodel | Golfperiode<br>$T_p$ (s) |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2                       | 3                        | 7,87                     |
| 3A                      | 4                        | 7,87                     |
| 3B                      | 7                        | 7,10                     |
| 4A/4B                   | 10                       | 7,87                     |
| 5                       | 11                       | 7,87                     |
| 6                       | 13                       | 7,10                     |
| 7                       | 14                       | 6,40                     |
| 8                       | 15                       | 5,01                     |
| 9                       | 16                       | 5,01                     |
| 10                      | 17                       | 5,01                     |

Tabel 5: Golfpiekperioden behorende bij de golfcondities in Tabel 4

### Soortelijk gewicht zeewater

In berekeningen wordt uitgegaan van een gebruikelijk soortelijk gewicht van zeewater van:

|   | Aspect                   | Soortelijke gewicht<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Referentie                          |
|---|--------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | $\rho_{\text{zeewater}}$ | 1025                                        | Aanname, gebruikelijk voor zeewater |

Tabel 6: Soortelijk gewicht zeewater

## 3.2 Overige belastingen

### **Zettingen en deformaties**

De getrapte bekleding dient de optredende zettingen en deformaties die gedurende de planperiode kunnen optreden zonder schade op te kunnen nemen (eis: S.1.1.2.3.S.004). Deze volgen uit de zettingsanalyse die tijdens het DO worden vastgesteld. Voor bijbehorende eisen, uitgangspunten en berekeningsmethode wordt verwezen naar de Uitgangspuntennota Dijken (Ref. XV, §4.9). De berekende verschilzettingen tussen individuele elementen moeten lager zijn dan de eisen die gesteld worden aan de maximale verschilzettingen, zoals beschreven in paragraaf 4.5 van deze uitgangspuntennota.

### **Specifieke belastingen**

Specifieke belastingen behorende bij het ontwerp van de getrapte bekleding kunnen worden bepaald met de in de Ontwerpmethodiek Getrapte Bekleding (Ref. I) beschreven methodiek.



## 4 EISEN

### 4.1 Functionele eisen bekleding

#### Golfoverslag

Het maximale gemiddeld golfoverslagdebiet over de Havendijk onder maatgevende omstandigheden voor de planperiode van 50 jaar is:

|    | Aspect                   | Detail                                    | Waarde                   | Referentie     |
|----|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------|
| 1. | Gemiddeld overslagdebiet | Hydraulische randvoorwaarden 1/4,000 jaar | $q \leq 1 \text{ l/m/s}$ | Eis: BIN-01155 |

Tabel 7: Overslagdebiet

#### Functionele eisen getrapte bekleding Havendijk A

De getrapte buitentaludbekleding dient gedurende de periode 2020 tot 2070 afwaterend te zijn (eis: S.1.1.2.3.S.002).

De getrapte bekleding dient als open filter te functioneren welke dient af te wateren naar het kadeterrein (eis: S.1.1.2.3.S.012). Deze eis is geïnterpreteerd als dat de spleten en openingen van de getrapte bekleding als open filter dienen te functioneren en dienen af te wateren naar het haventerrein. De openingen tussen (of in) de blokken moeten daarom zo zijn vormgegeven dat er geen erosie van de onderlagen optreedt.

#### Functionele eisen steenzetting Havendijk B

Havendijk B dient ter plaatse van het buitentalud vanaf dijkpaal 26.3 tot aan de dijk kruising van de toegangsweg naar de haven met Havendijk A vanaf de Havenweg zijn voorzien van talud bekleding van het type zetsteen, met een invloedsfactor ruwheid bij golfloop en golfoverslag van:

|    | Aspect                                          | Waarde               | Referentie       |
|----|-------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| 1. | Invloedsfactor ruwheid steenzetting Havendijk B | $\leq 0,8 \text{ m}$ | Eis: S.1.2.A.001 |

Tabel 8: Ruwheid steenzetting Havendijk B

### 4.2 Toegankelijkheid en veiligheid

De getrapte bekleding op Havendijk A dient voor voetgangers toegankelijk te zijn via de wandelroute op de Havendijk vanaf de Dokweg en vanaf de Havenweg (eis: S.1.1.2.3.S.006).

De getrapte bekleding dient in langsrichting veilig beloopbaar te zijn met hakken van af een dikte van 20 mm, zonder dat deze tussen de kieren tussen 2 op elkaar aansluitende elementen kan geraken.

Deze eis is opgevat als:

|    | Aspect                          | Waarde                 | Referentie           |
|----|---------------------------------|------------------------|----------------------|
| 1. | Spleetbreedte tussen de blokken | $\leq 0,020 \text{ m}$ | Eis: S.1.1.2.3.S.010 |

Tabel 9: Maximale spleetbreedte

Alle elementen van de getrapte bekleding dienen te allen tijde stabiel te liggen, zodanig dat er geen beweging optreedt wanneer er door voetgangers op wordt gelopen (eis: S.1.1.2.3.S.009).

Ter behoud van de ontsluiting van de haven van Den Oever voor voetgangers dienen dijktrappen gerealiseerd te worden. De dijktrappen dienen een breedte te hebben van:

|    | Aspect           | Waarde       | Referentie           |
|----|------------------|--------------|----------------------|
| 1. | Breedte dijktrap | $\geq 2,5$ m | Eis: S.1.1.6.1.S.001 |

Tabel 10: Minimale breedte dijktrap

### 4.3 Eisen getrapte bekleding

Onderstaande specifieke eisen aan de getrapte bekleding volgen uit de Vraagspecificatie Eisen (Ref. III):

Het buitentalud en de kruin van Havendijk A dient tussen de Dokweg en de dijk kruising van de toegangsweg naar de haven vanaf de Havenweg als getrapte bekleding te zijn uitgevoerd, met uitzondering van de ondertaluds in de secties 4 t/m 6 (eis: S.1.1.2.S.001).

De getrapte buitentaludbekleding dient te zijn opgebouwd uit treden met een hoogteverschil van 0,46 m (eis: S.1.1.2.3.S.001). De dikte van de betonplaat van de getrapte bekleding op de kruin van Havendijk A dient eveneens 0,46 m te zijn (eis: S.1.1.2.2.S.001).

De getrapte buitentaludbekleding dient uit elementen van beton te zijn opgebouwd en de getrapte bekleding dient de optredende zettingen en deformaties die gedurende de levensduur kunnen optreden zonder schade op te kunnen nemen (eis: S.1.1.2.3.S.003, S.1.1.2.3.S.004).

De getrapte buitentaludbekleding dient bij de aansluiting op het kadeterrein te zijn voorzien van een deugdelijke teenconstructie (eis: S.1.1.2.3.S.011); de teenconstructie dient de stabiliteit van de bekleding te waarborgen.

### 4.4 Geometrische eisen

Onderstaande specifieke eisen aan de geometrie volgen uit de Vraagspecificatie Eisen (Ref. III):

De kerende hoogte van Havendijk A dient ter hoogte van de getrapte bekleding te zijn gerealiseerd middels toepassing van een pasblok op de kruin met:

|    | Aspect             | Waarde       | Referentie          |
|----|--------------------|--------------|---------------------|
| 1. | Hoogte boven kruin | $\leq 0,2$ m | Eis: S1.1.A.003     |
| 2. | Breedte            | $\geq 0,2$ m | Eis: S.1.1.12.S.005 |

Tabel 11: Afmetingen pasblok

Dit pasblok dient waterkerend te zijn en in het hart van het onderhoudspad gesitueerd te zijn (eis: S.1.1.12.S.001, S.1.1.12.S.003). Het pasblok dient van hetzelfde materiaal te zijn en dezelfde uitstraling te hebben als de getrapte bekleding (eis: S.1.1.12.S.004).

Het overgangsprofiel tussen de secties van de Havendijk met verschillende kerende hoogtes wordt als volgt berekend (eis: S1.A.005.4):

- De overgang van de kruinhoogte dient tussen beide secties met een talud 1:20 te verlopen. De taluds aan binnen en buitenzijde van de dijk dienen op dit verloop aan te sluiten met behoud van de taludhelling en afwateringsfunctie in de dwarsdoorsnede;
- Het overgangsprofiel dient ter plaatse van dijksectie te zijn aangebracht met de laagste kruinhoogte, zodat de sectie met de hoogste kruinhoogte over de gehele lengte van die sectie voldoende kerende hoogte heeft;
- De restzetting dient ter plaatse van het overgangsprofiel te zijn gecompenseerd op dezelfde wijze als bij betreffende dijksecties.

De aansluiting van de buitendijkse teen van de Havendijk op het kadeterrein van de Vissershaven en Noorderhaven dient ten opzichte van de bestaande situatie horizontaal niet meer richting de haven te verplaatsen dan:

|    | Locatie         | Detail                              | Waarde        |
|----|-----------------|-------------------------------------|---------------|
| 1. | Sectie 2        | Ter hoogte van het Peilschaalgebouw | $\leq 3,0$ m  |
| 2. | Sectie 2        | Overig                              | $\leq 6,1$ m  |
| 3. | Sectie 3A       | -                                   | $\leq 6,3$ m  |
| 4. | Sectie 3B       | -                                   | $\leq 14,8$ m |
| 5. | Sectie 4A       | -                                   | $\leq 14,5$ m |
| 6. | Sectie 4B       | -                                   | $\leq 0,0$ m  |
| 7. | Sectie 5 t/m 10 | -                                   | $\leq 0,0$ m  |

Tabel 12: Aansluiting buitendijkse teen op het kadeterrein

In Ref. V en Ref. VII is per sectie een principe dwarsdoorsnede gegeven inclusief de locatie van de huidige buitendijkse teen en de locatie van de buitendijkse teen in de toekomstige situatie.

## 4.5 Uitvoeringseisen

### Aanleghoogte

De aanleghoogte van de Havendijk is gelijk aan de ontwerpkuinhoogte vermeerderd met een compensatie voor optredende zettingen (eis: BIN-01219).

### Kruinhoogte toleranties

De kerende hoogte van de Havendijk dient binnen een tolerantie tussen - 0,00 m en + 0,05 m te zijn afgewerkt ten opzichte van de volgende tijdafhankelijke waarde berekend uit de som van (eis: S1.A.006.1):

- De kerende hoogte volgens Tabel 13;

- b. De uit zettingsmonitoring berekende restzettingsprognose en uit verdichtingsmetingen afgeleide klinkprognose welke ten hoogste zal kunnen optreden tot het jaar 2070;
- c. Het overgangsprofiel tussen de dijksecties conform de eis beschreven in paragraaf 4.4.

De hoogteverschillen tussen betonplaten van de getrapte bekleding op de kruin van Havendijk A en bij de overgang naar de brug over de Coupure dienen gedurende de gehele levensduur  $\leq 29$  mm te zijn (eis: S.1.1.2.2.S.002).

Het hoogteverschil tussen de loopvlakken van 2 op elkaar aansluitende elementen van de getrapte bekleding dient overal ten hoogste te zijn (eis: S.1.1.2.3.S.008):

- a) Bij oplevering  $\leq 10$  mm;
- b) Aan het einde van de garantietermijn  $\leq 20$  mm;
- c) Gedurende de gehele planperiode  $\leq 29$  mm.

#### **4.6 Eisen vanuit onderhoud**

De Havendijk dient op de kruin te zijn voorzien van een onderhoudspad met een breedte  $\geq 3,00$  m voor het maaien van het binnentalud en voor uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan het buitentalud (eis: S1.A.007.4).

#### **4.7 Overige eisen getrapte bekleding**

De volledige set met eisen aan de gezette en getrapte bekleding is opgenomen in de eisen verificatienota getrapte bekleding.

## 5 UITGANGSPUNTEN

### 5.1 Geometrische uitgangspunten

De kruinhoogte, geometrie en bekledingstype van de verschillende dijksecties is bindend voorgeschreven in document Nota van Uitgangspunten. Tabel 13 geeft per sectie een samenvatting van de geometrische parameters. Hierbij zijn taludhellingen, type dijkbekleding en de kruinhoogte voor het ontwerp gedurende de planperiode van 50 jaar (incl. 0,05 m autonome bodemdaling) vermeld (eis: BIN-01160). Uitgangspunt is dat de vermelde kruinhoogtes voldoen aan de eerder genoemde overslageis (4.1, Tabel 7). Onderstaande waarden zijn exclusief zettingen. Deze zettingen moeten als overhoogte worden toegevoegd aan de in Tabel 13 genoemde hoogtes (eis: BIN-01219).

| Profiel | Binnentalud |                | Kruin | Buitentalud                  |               | Buitenberm                                       |           | Onderberm                    |           |                     |
|---------|-------------|----------------|-------|------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|---------------------|
|         | 1:n         | Bekle-<br>ding |       | NAP<br>+m                    | Bekleding     | 1:n                                              | Bekleding | 1:n                          | Bekleding | 1:n                 |
| 2       | 1:3         | gras/<br>klei  | 7,00  | pasblok                      | 1:4           | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 3A      | 1:3         | gras/<br>klei  | 7,17  | pasblok                      | 1:4           | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 3B      | 1:3         | gras/<br>klei  | 7,17  | pasblok                      | 1:3.5         | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | 1:4       | trap-<br>bekleding  |
| 4A      | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,70  | pasblok                      | 1:3.5         | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 4B      | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,70  | pasblok                      | 1:3.5         | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 5       | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,66  | pasblok                      | 1:2.5         | trapbekleding                                    | 1:30      | verharding                   | ~1:3.7    | basalt              |
| 6       | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,91  | Pasblok/be<br>heerpad        | ~1:2.5        | Trapbekleding,<br>overgaand in<br>steenbekleding | n.v.t.    | n.v.t.                       | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 7       | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,88  | asfalt<br>(weg/fiets<br>pad) | 1:3           | steenbekleding                                   | recht     | asfalt<br>(fietspad/<br>weg) | ~1:2.5    | steen-<br>bekleding |
| 8       | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,81  | asfalt<br>(fietspad)         | ~1:3          | steenbekleding                                   | n.v.t.    | n.v.t.                       | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 9       | 1:3         | Gras/<br>klei  | 6,89  | asfalt<br>(fietspad)         | 1:3/<br>1:2.4 | steenbekleding                                   | n.v.t.    | n.v.t.                       | n.v.t.    | n.v.t.              |
| 10      | 1:3         | gras/<br>klei  | 6,91  | asfalt<br>(fietspad)         | 1:3/<br>1:2.4 | steenbekleding                                   | n.v.t.    | n.v.t.                       | n.v.t.    | n.v.t.              |

Tabel 13: Geometrische uitgangspunten conform tabel 5 van Nota van Uitgangspunten (Ref. I, Tabel 5)

Uitgangspunt bij het ontwerp zijn principedwarsprofielen per dijksectie die in Ref. V en Ref. VII worden weergegeven. De kerende hoogte van de Havendijk dient te zijn ontworpen op de hoogte gegeven per dijksectie in Tabel 13.

Ter hoogte van de damwandconstructies bij de kade dient rekening gehouden te worden met een maximale (vaste) bodemhoogte in de haven van NAP -5,00 m (Ref. I, §5.6).

De getrapte buitentaludbekleding dient uit elementen van beton te zijn opgebouwd. Onderstaande waarden voor het dichtheden zijn uitgangspunt voor de stabiliteitsberekeningen.

|   | Aspect                           | Dichtheid (kN/m <sup>3</sup> ) | Referentie      |
|---|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | $\rho_{\text{ongewapend beton}}$ | 24,0                           | XIII, Tabel A.1 |
| 2 | $\rho_{\text{gewapend beton}}$   | 25,0                           | XIII, Tabel A.1 |

Tabel 14: Soortelijke gewicht beton

## 5.2 Ontwerpmethoden

De getrapte bekleding voor Havendijk A is een niet standaard oplossing voor een bescherming van een primaire waterkering. Hiervoor is een ontwerpmethodiek voorgesteld in Ref. II. Deze ontwerpmethodiek is bindend voorgeschreven en zal voor het DO van de getrapte bekleding toegepast worden.

Bijlage 1 geeft het ontwerpspoor voor de stabiliteit van de getrapte bekleding. De relevante aspecten uit de ontwerpmethodiek (Ref. II) zijn hierin overgenomen en waar nodig aangevuld voor belastingen die typisch zijn voor het Van Oord blok.

In een additionele veiligheidsanalyse in het DO is onderbouwt waarom een bepaalde schematisatie is gekozen voor het bepalen van de golfdrukken. Hierbij is geanalyseerd wat de risico's zijn en hoe deze worden afgedekt.

Dijkversterking Den Oever wordt uitgevoerd volgens de op dit moment vigerende normering. Dit houdt voor het ontwerp in dat we op de berekende minimale laagdikte in Steentoets een veiligheidsfactor van 1,1 moeten hanteren zoals vastgesteld in de derde toetsronde (Ref. XIV).

De steenzetting voor Havendijk B zal worden ontworpen conform Technisch Rapport Steenzettingen (Ref. XII). De steenzetting zal worden gedimensioneerd met Steentoets.

Daar waar gebruik gemaakt wordt van Steentoets, wordt gerekend met versie v15.1.8.1.

## 5.3 Faalmechanismen

Volgens Technisch Rapport Steenzettingen zijn er drie faalmechanismen voor een toplaag (Ref. XII, §2.1):

- Falen bekleding door toplaaginstabiliteit
- Falen steenzetting door afschuiving
- Falen door materiaaltransport

De stabiliteit van de gezette bekleding zal volgens bovenstaande faalmechanismen beschouwd worden, zoals beschreven in Technisch Rapport Steenzettingen (Ref. XII).

De stabiliteit van de getrapte bekleding zal beschouwd worden via de faalmechanismen gespecificeerd in Bijlage 1.

Het element voor de getrapte bekleding ("Van Oord blok") bestaat uit een rechthoekig blok, waarmee eenvoudiger de overgangen en bochtstralen zijn te realiseren. De Ontwerpmethodiek getrapte bekleding is toegepast op dit element, met dien verstande dat enkele aanpassingen zijn gedaan faalmechanismen of ontwerpmethode die specifiek zijn voor de nieuwe geometrie van de elementen van de getrapte bekleding. De wijzigingen zitten in Faalmechanisme 3

(Stabiliteit in golfklapzone ten gevolge van golfterugtrekking) en Faalmechanisme 4  
(horizontale verplaatsing individueel blok talud in ten gevolge van golfklap)

## 5.4 Veiligheidsfactoren en uitgangspunten ten aanzien van belastingen

### **Robuustheidstoeslag**

De golfcondities Tabel 4 zijn inclusief een robuustheidstoeslag van 10% op de golfhoogte en golfperiode.

De waterstanden zoals weergegeven in Tabel 2 zijn inclusief een toeslag van 0,44 m voor een planperiode van 50 jaar. Meegenomen in deze toeslag is zeespiegelstijging, vergrote getijamplitude, stormopzet en golfgedreven opzet.

### **Algemene uitgangspunten getrapte bekleding**

Voor de stabiliteit van de getrapte bekleding wordt voor een gemiddelde golfinvalshoek kleiner dan 30° een loodrechte invalshoek aangenomen zoals aanbevolen in Ref II, §6.2.1, bullet 1.b. Dit resulteert in enige veiligheid in de bepaling van de golfbelasting.

De Ontwerpmethodiek schrijft niet voor hoe om te gaan met golfinvalshoeken groter dan 30° voor de stabiliteit van de getrapte bekleding. Uitgangspunt is om te rekenen met loodrechte invalshoek ook voor hoeken groter dan 30°, maar in het vaststellen van de veiligheidscoëfficiënten hier eventueel locatie specifiek rekening mee te houden mocht daar aanleiding voor zijn.

Voor golfoploop/golfoverslag wordt de golfinvalshoek per sectie gebruikt zoals gegeven in Tabel 4.

Uitgangspunt is dat de maatgevende golf breekt op de bekleding (Ref. II, §6.2.1, bullet 1c). De golfbelasting wordt niet ontbonden in een horizontale en verticale component (Ref. II, §6.2.1). De horizontale belasting op het verticale front van de traptrede ( $F_{hor}$ ) wordt gelijk gesteld aan de berekende golfbelasting ( $F$ ).

Golfpiekdrukken op de bekleding kunnen een hoge waarde hebben, maar hebben ook een zeer korte tijdsduur. Vanuit de Ontwerpmethodiek Getrapte Bekleding is het niet duidelijk hoe een individueel element op deze grote, korte belasting reageert en verplaatst. De analytische methoden berekenen een quasi-statisch belasting en dus niet de golfpiekdrukken. Daarom wordt gerekend op basis van een statisch evenwicht voor de stabiliteit van een element van de getrapte bekleding, waarbij gerekend wordt met een constante berekende quasi-statische belasting op de bekleding zoals beschreven in Ref. II, §6.2.2, bullet 1.a. De golfkracht is dan gelijk aan de golfdruk vermenigvuldigd met het verticale oppervlak van het element. De golfdruk zal bepaald worden met de analytische methodes beschreven in de Ontwerpmethodiek Getrapte Bekleding.

In het VO is uitgegaan van een betrekkelijk geringe verhoging van de freatische grondwaterstand onder andere door geringe infiltratie van zeewater en neerslag (Ref. IV, pagina 6). Uitgangspunt is dat de bekleding inclusief filter op een slecht doorlatende kleilaag wordt aangebracht. De doorlatendheid van de getrapte bekleding is dus niet bepalend voor het verloop van de freatische lijn en hiermee hoeft in het verdere ontwerp dus geen rekening gehouden te worden.

### Beschouwing getrapte bekleding als plaatbekleding

De dikte van de betonplaat wordt bepaald op basis van de meest maatgevende situatie. Deze bestaat uit een dichte toplaag in combinatie met een open filter en een dichte teenconstructie. Dat betekent dat spoor 2 uit Figuur 8 van CUR (1992) (Ref. X) wordt doorlopen. Rekening houdend met de mogelijkheid dat het filter kan dichtslibben, wordt de aanbevolen leklengte van 5,0 m aangehouden in de beschouwing als plaatbekleding (Ref. II, §8.3.1). Deze leklengte is maatgevend voor de dimensionering in relatie tot scheurvorming.

Bij de beschouwing als plaatbekleding wordt een veiligheidsfactor van 2,0 toegepast op de optredende wateroverdruk (Ref. X, §3.2). Onzekerheden in de golfbelasting in relatie tot de plaatbeschouwing zijn hiermee ondervangen.

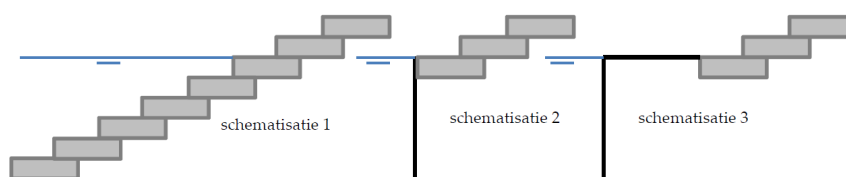
|   | Aspect                                           | Waarde | Referentie      |
|---|--------------------------------------------------|--------|-----------------|
| 1 | Veiligheidsfactor bij beschouwing plaatbekleding | 2,0    | Ref. X, §3.2    |
| 2 | Leklengte bij beschouwing plaatbekleding         | 5,0 m  | Ref. II, §8.3.1 |

Tabel 15: Te gebruiken veiligheidsfactor en leklengte bij beschouwing plaatbekleding

### Beschouwing getrapte bekleding als individueel element

Bij de beschouwing als individueel element wordt een veiligheidsfactor van 1,25 op de stijghoogte op de bekleding (golfkracht) aangehouden (Ref. XI, Tabel B4.1) overeenkomstig de Ontwerpmethodiek (Ref. II, §6.3, Bullet 2.). Onzekerheden in met name golfbelasting en de wrijvingscoëfficiënt worden hiermee ondervangen. De stijghoogte op de bekleding wordt berekend met analytische methodes. Welke analytische methode wordt toegepast is afhankelijk van de schematisatie (Figuur 2).

1. Bekleding op een doorgaand talud.
2. Bekleding direct boven een verticale wand.
3. Bekleding aan achterzijde van berm achter een verticale wand.



Figuur 2: Principeschetsen drie verschillende schematisaties (Ref. II).

Indien de stijghoogte op de bekleding wordt afgeleid uit modelproeven (voor schematisatie 2 zijn proeven gedaan) wordt een veiligheidsfactor van 1,2 toegepast (Ref. II, §8.4.3). Onzekerheden in meetnauwkeurigheid en model- en schaaleffecten worden hierdoor ondervangen. De gehanteerde veiligheidsfactor wordt dan  $\gamma_s = 1,2 * 1,25 = 1,5$ .

Bij de beschouwing als individueel element wordt de actuele leklengte toegepast die volgt uit Steentoets (Ref. II, §6.2.1, Bullet 1.d.).

In Ref. II, Tabel 1 worden per schematisatie de analytische methoden gegeven die moeten worden beschouwd.



### Veiligheidsfactor bij gebruik Steentoets

De stabiliteit van de elementen in de golfklapzone kunnen gemodelleerd worden met Steentoets. Uitgangspunt is dat de berekening met Steentoets minimaal moet voldoen aan:

|   | Aspect                                    | Waarde | Referentie |
|---|-------------------------------------------|--------|------------|
| 1 | Veiligheidsfactor ( $\gamma$ ) Steentoets | 1,1    | Ref. XIV   |

Tabel 16: Toe te passen veiligheidsfactor bij gebruik Steentoets

Deze veiligheidsfactor dient toegepast te worden als toeslag op de berekende toplaagdikte.

## 5.5 Overige Uitgangspunten

### Erosiebestendige laag

Daar waar langs de buitenzijde van de dijk een verticale (dam)wand gerealiseerd wordt, zal een 6,0 meter brede erosiebestendige asfaltlaag tegen de buitenteen worden toegepast en daar waar een talud langs de buitenzijde van de dijk gerealiseerd wordt, wordt een teenschot in de buitenteen geplaatst (Ref. I, §5.1).

### Dijktrappen

De kruisende wandelroutes over Havendijk A dienen aan voetgangers vanaf het dorp toegang tot de haven te verlenen vanaf (eis: S1.1.R.002):

|    | Dijktrap(pen) bij km | Detail                                                                     |
|----|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 25,99                | Vanaf Beursdijk ter hoogte van de Gasthuisweg                              |
| 2. | 25,86                | Ter hoogte van het parkeerterrein langs de Voorstraat                      |
| 3. | 25,80                | Tegenover de Visafslag                                                     |
| 4. | 25,75                | Aan oostzijde van de coupure                                               |
| 5. | 25,71                | Aan westzijde van de coupure                                               |
| 6. | -                    | Loopbrug van Café Houtzolder                                               |
| 7. | 25,67                | Naast Café Houtzolder                                                      |
| 8. | 25,62                | Tegenover de Nijverheidsstraat met de trapverbinding naar het Haventerrein |

Tabel 17: Locaties dijktrappen

## **6 REFERENTIES**

### **6.1 Bindende documenten**

- I. Nota van Uitgangspunten Hoogwaterkering Den Oever, 15.63275
- II. Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever, C03011.000270.4101
- III. Vraagspecificatie Eisen, 15.0062470
- IV. Schematisering stijghoogte en freatische lijn havendijk Den Oever, 16.0009656

### **6.2 Informatieve documenten**

- V. Arcadis tekening (2016), Ontwerp met inpassing Situatie tekening
- VI. Arcadis tekening (2016), Ontwerp met inpassing Dwarsprofielen 1 t/m 5 Blad 1/2,
- VII. Arcadis tekening (2016), Ontwerp met inpassing Dwarsprofielen 5.2 t/m 10 Blad 2/2, tekening nummer: 02, versie: L
- VIII. Deltares (2012), Invloedsfactor voor ruwheid van een getrapt talud bij golfoverslag bij dijken
- IX. Vledder, van G. (2016), Golfperioden Hoogwaterkering Den Oever, memo 19 december 2016

### **6.3 Ontwerprapporten en standaarden**

- X. CUR (1992), Rapport 156: Cementbetonnen plaatbekledingen op dijken en oevers
- XI. TAW (2003), Leidraad kunstwerken
- XII. TAW (2003), Technisch Rapport Steenzettingen
- XIII. NEN-EN (1991), Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen, NEN-EN 1991-1-1
- XIV. Helpdeskwater (2013), Nieuwsbrief Steentoets2008, April 2013

### **6.4 Van Oord documenten**

- XV. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota Dijken, 154670-REA-ENG-18

## **BIJLAGEN**

### **Bijlage 1    Stroomschema ontwerpmethode getrapte bekleding**

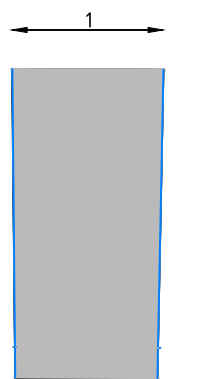
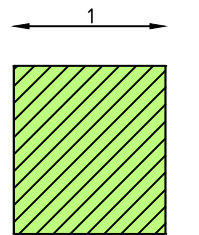
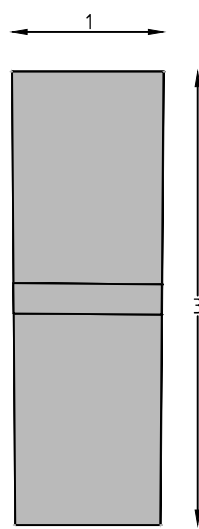
| Ontwerpsporen getrapte bekleding                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stabiliteit getrapte bekleding (STBK)                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                            |
| Faalmechanismen                                                                                                                               | Methode                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Veiligheid op de belasting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Criterium voor beoordeling 'goed'                                                                          |
| 1) Scheurvorming en opdrukken beschouwing plaatbekleding (Ontwerpmethodiek, §8.3.1)                                                           | Plaatbeschouwing. Spoor 2 uit CUR156 (Dichte toplaag in combinatie met een open filter en een dichte teenconstructie)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | - CUR156 specificeert golfhoogte, H, als 1,4H <sub>s</sub> . Dit kan opgevat worden als maatgevende golfhoogte. In dit rapport is de maatgevende golfhoogte gedefinieerd als H <sub>max</sub> , weergegeven als H <sub>0,1%</sub> . Deze is bepaald met Battjes Groenendijk (2000). Voor Havendijk A blijkt H <sub>0,1%</sub> /H <sub>s</sub> = 1,8 een goede benadering.<br>- Veiligheid tussen de max. toelaatbare schuifspanning ( $\tau_{b,max}$ ) en de schuifspanning onder ontwerpomstandigheden ( $\tau_b$ ) >= 2,0 (Ontwerpmethodiek, §6.3)<br>- Veiligheid tussen de max. toelaatbare buigtrekspanning ( $\sigma_{b,max}$ ) en de buigtrekspanning onder ontwerpomstandigheden ( $\sigma_b$ ) >= 2,0 (Ontwerpmethodiek, §6.3) | - Schuifspanning: $\tau_{b,max}/\tau_b \geq 2,0$<br>- Buigtrekspanning: $\sigma_{b,max}/\sigma_b \geq 2,0$ |
| 2) Verticaal opdrukken individueel element ten gevolge van golfklap (Ontwerpmethodiek, §8.3.2)                                                | - Selecteer per doorsnede maatgevende Configuratie(s) uit de tabel van Bijlage III 'Uitgangspuntennota getrapte bekleding' om de quasi-statische golfbelasting te bepalen<br>- Statisch evenwichtsvergelijking op basis van stijghoogteverschil over de bekleding.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | - Veiligheidsfactor op berekende golfdrukken van 1,25 (Ontwerpmethodiek, §6.3).<br>- Effect van bovenliggend blok niet meenemen in stabiliteitsbeschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | D <sub>benodigd</sub> < D <sub>trapblok</sub>                                                              |
| 3) Stabiliteit elementen in golfklapzone ten gevolge van golfterugtrekking (ontwerpmethodiek, §8.4.4)                                         | Ontwerpmethodiek gebruikt Steentoets voor het bepalen van de stabiliteit. Deze methodiek is niet toereikend voor elementen getrapte bekleding. Daarom wordt dit faalmechanisme nu opgesplitst in het bepalen van de stabiliteit ten tijde van het optreden van het maximale stijghoogteverschil over de toplaag. Daarbij worden dan het krachtenevenwicht- (Faalmechanisme 3a) en momentenevenwicht (Faalmechanisme 3b) bepaald.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                            |
| 3a) Horizontale verplaatsing individueel blok talud uit ten gevolge van golfterugtrekking bij maximaal stijghoogteverschil over de bekleding. | - Bepaal met Steentoets de doorlatendheid van de toplaag (k'langsvoeg (=overlap) en k'stootvoeg (=blokdikte)).<br>- Bepaal de representatieve filterlaagdikte over de leklengte (iteratief proces)<br>- Bereken leklengte $\Delta$ met berekende toplaagdoorlatendheid<br>- Bepaal met de berekende leklengte het stijghoogteverloop op de bekleding en in het filter met Berekeningssheet "stijghoogteverschil" (Ref. rapport "Kennisonwikkeling t.b.v. Steentoets2006")<br>- Gebruik het maximale stijghoogteverschil om de opwaartse druk aan de zeewaartse zijde van het blok te bepalen<br>- Gebruik stijghoogteverschil aan meest landwaartse punt van het blok zowel als horizontale druk tegen achterzijde blok als de opwaartse druk aan meest landwaartse punt van het blok en bepaal krachtenevenwicht<br>- $f_w = 0,58$ (Ontwerpmethodiek,<br>- Bepaal veiligheid tegen uitdrukken middels formule:<br>$sFs = \frac{(G_{onderwater} - F_{opwaarts}) \cdot f_w}{F_{horizontaal}}$ | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | sFs > 1,25                                                                                                 |
| 3b) Momenten evenwicht individueel blok ten gevolge van golfterugtrekking                                                                     | - Gebruik belastingen uit 3a) om momentenevenwicht van het blok te bepalen.<br>- Het maatgevende rotatiepunt is niet bij voorbaat bekend. Het ontwerp omvat een verificatie om verschillende rotatiepunten.<br>- Bepaal voor elk van de rotatiepunten de veiligheid tegen kantelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | sFs = M <sub>tegenwerkend</sub> /M <sub>aandrijvend</sub> >= 1,1                                           |
| 4) Horizontale verplaatsing individueel blok talud in ten gevolge van golfklap (Ontwerpmethodiek, §8.4.6)                                     | - Selecteer per doorsnede maatgevende Configuratie(s) uit de tabel van Bijlage III 'Uitgangspuntennota getrapte bekleding' om de quasi-statische golfbelasting te bepalen<br>- Bereken met de berekende golfbelasting op basis van statische belasting de resulterende blokverplaatsing met PLAXIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Veiligheidsfactor op berekende golfdrukken van 1,25 (Ontwerpmethodiek, §6.3).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | - Stabiliteitsfactor > 1,0 EN<br>- berekende verplaatsing < 50 mm                                          |
| 5) Beschadiging door mechanische belasting                                                                                                    | Beoordeling per sectie of mechanische belasting een bedreiging vormt voor de getrapte bekleding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nader te bepalen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Nader te bepalen                                                                                           |

## **Bijlage 2   Tekeningen**

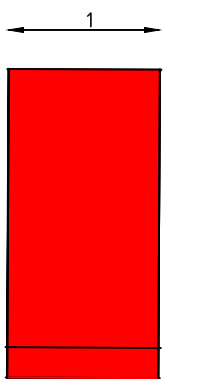
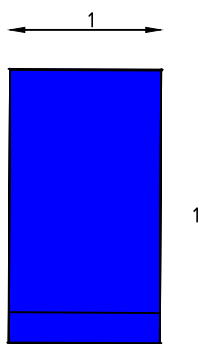
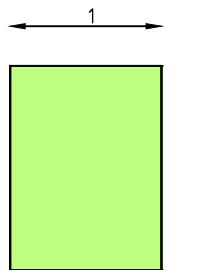
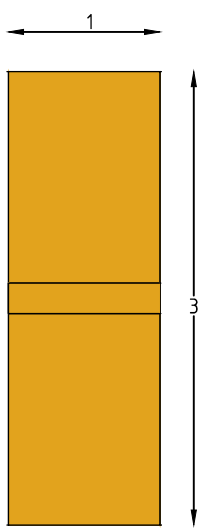
VARIANT PASBLOK



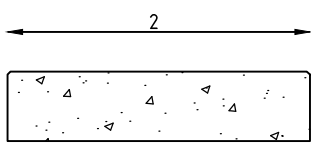
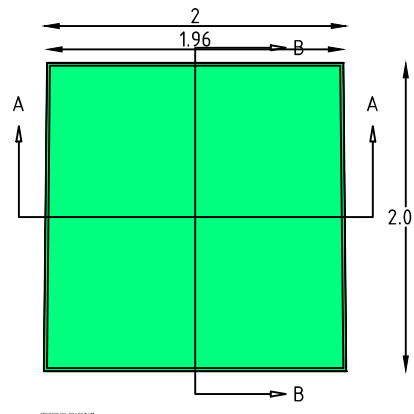
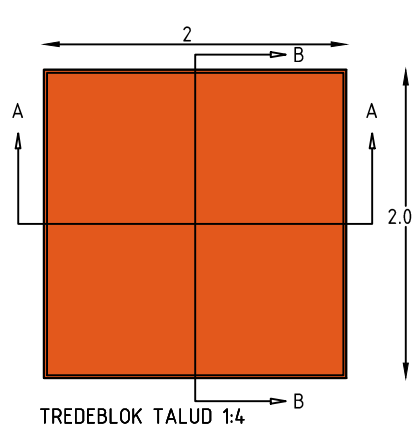
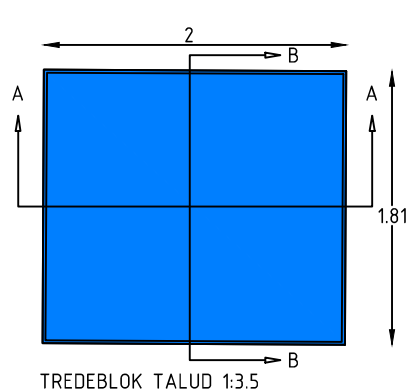
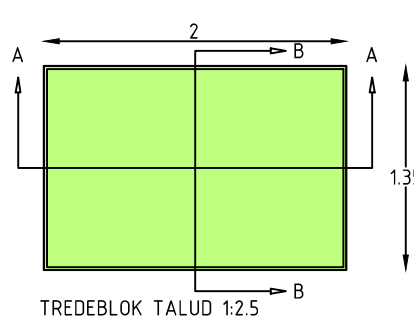
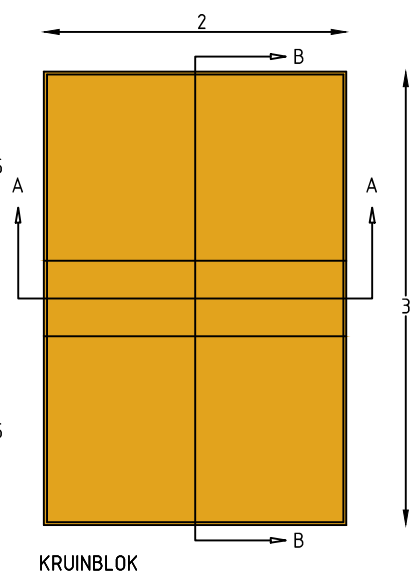
VARIANT TRAPEZIUM



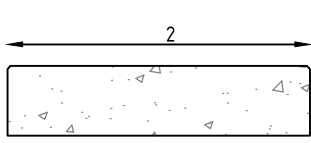
VARIANT 1.0M



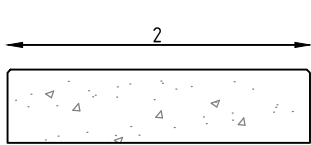
KRUINBLOK



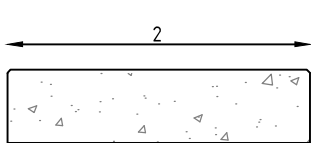
doorsnede A-A



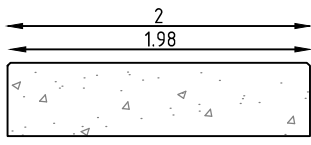
doorsnede A-A



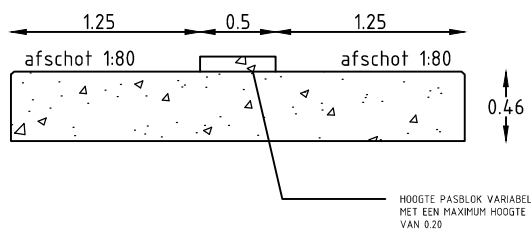
doorsnede A-A



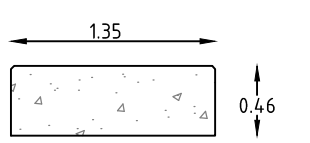
doorsnede A-A



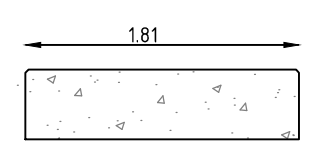
doorsnede A-A



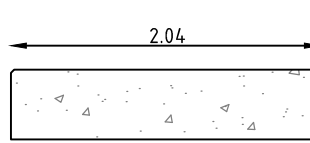
doorsnede B-B



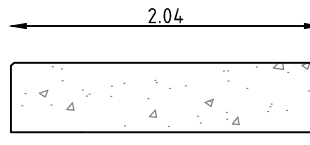
doorsnede B-B



doorsnede B-B



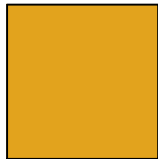
doorsnede B-B



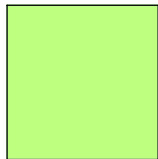
doorsnede B-B

LEGENDA

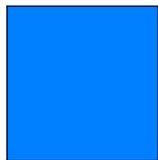
MATEN IN METERS  
DIAMETERS EN MATERIAALMATEN IN METERS  
HOOGTEMATEN t.o.v. N.A.P. TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN  
WAPENING VOOR KRUINBLOK NADER TE DETAILLEREN IN UO  
AAN DE ZICHTENZIJDES VAN DE BLOKKEN ZIT EEN VELLINGKANT  
BIJ TOEGEPASTE VARIANT "TRAPEZIUM" IS BREEDTEMAAT VARIABEL [0.02 max IN X-RICHTING]  
BIJ TOEGEPASTE VARIANT "½ BLOK" IS DE BREEDTEMAAT 1.00



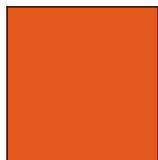
KRUINBLOK



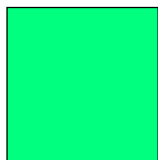
TREDEBLOK TALUD 1:2.5



TREDEBLOK TALUD 1:3.5

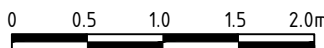


TREDEBLOK TALUD 1:4



TREDEBLOK TRAPEZIUM

SCHAALBLOK



KLANT



AANNEMER



PROJECTNAAM

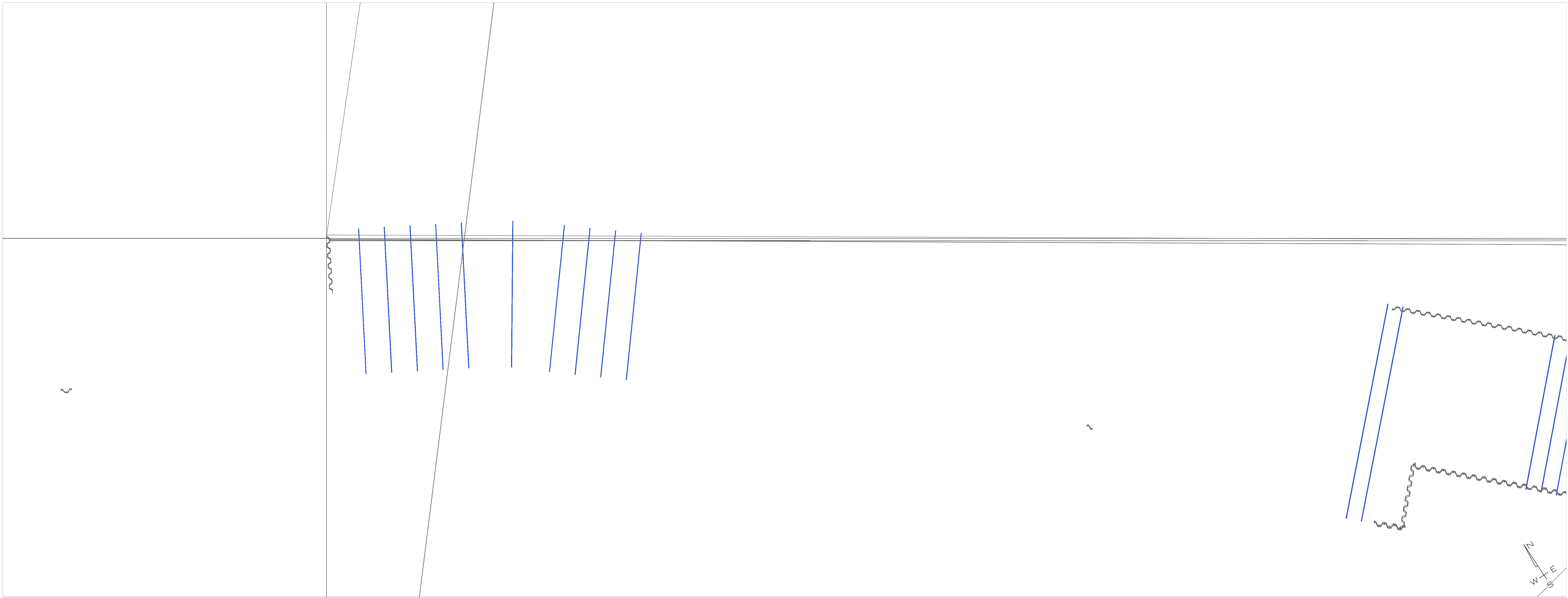
E&C Dijkversterking Den Oever

|      |            |                            |          |           |              |       |
|------|------------|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------|
|      |            |                            |          |           |              |       |
|      |            |                            |          |           |              |       |
| 03   | 24-02-2017 | Toevoeging varianten       | ABR      | FRI       | PIM          |       |
| 01   | 31-01-2017 | Overzicht prefab elementen | KST      | FRI       | PIM          |       |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving     | Tekenaar | Nagekeken | Goed-gekeurd | Klant |

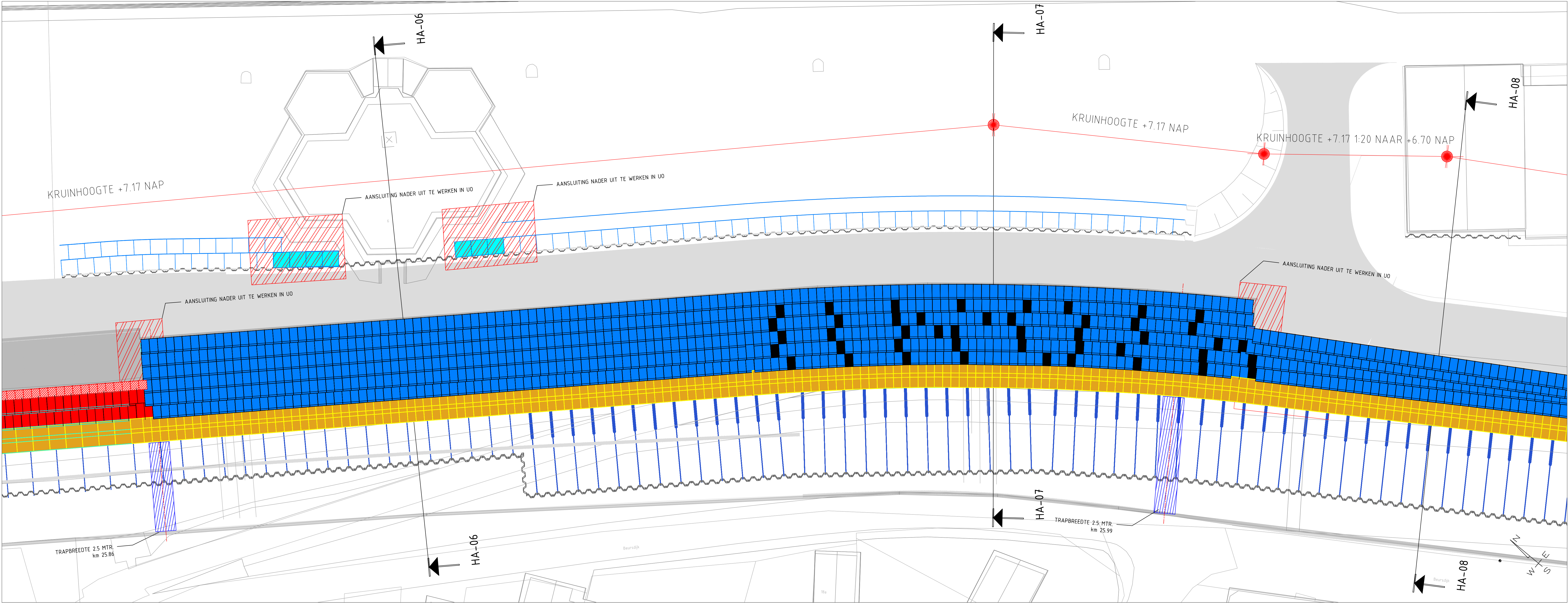
Getrapte bekleding  
Detailtekening prefab elementen getrapte bekleding

|                         |                       |         |              |
|-------------------------|-----------------------|---------|--------------|
| Van Oord Werkpakket nr. | 15.4670_WP-4-1-5_5000 | 1:50    | A2           |
| Van Oord Sharepoint nr. |                       | Schaal  | Formaat      |
|                         |                       | 1 van 1 | 03           |
|                         |                       | Blad    | Huidige Rev. |

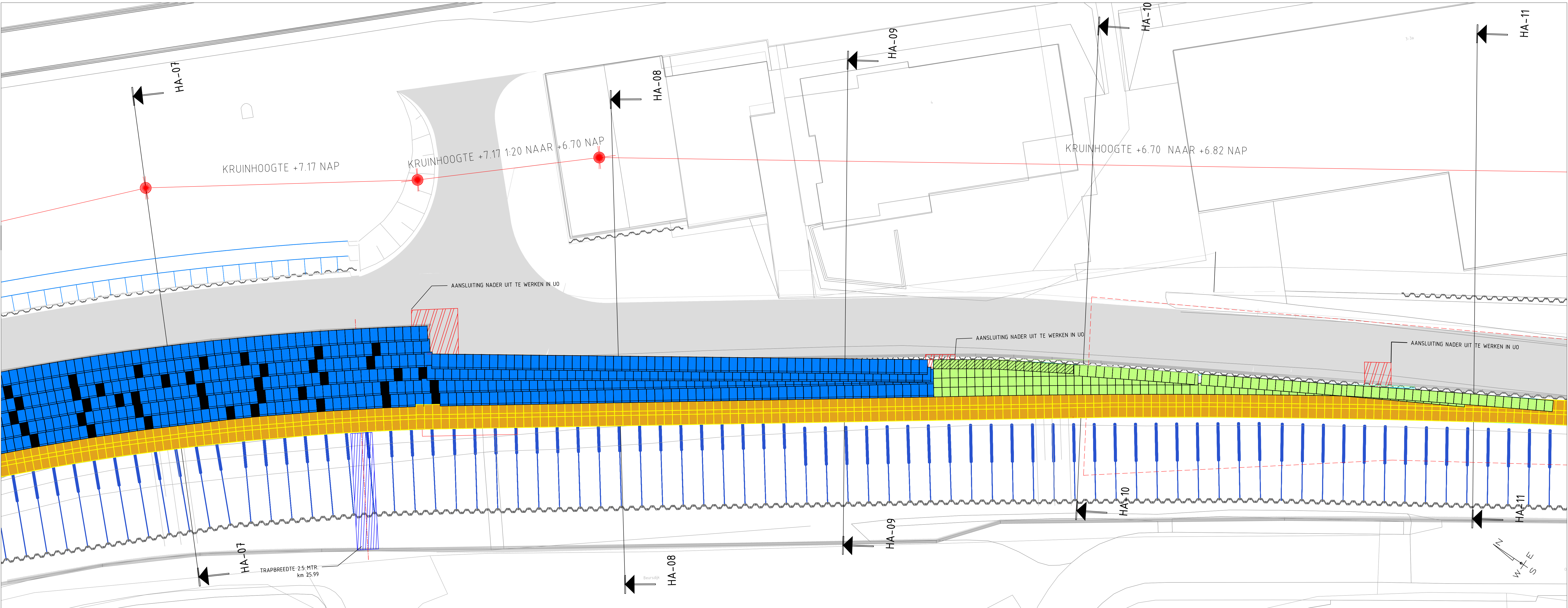








OVERZICHT GETRAPTE BEKLEDING  
SECTIE HA06 - HA08  
SCHAAL 1:200



OVERZICHT GETRAPTE BEKLEDING  
SECTIE HA07 - HA11  
SCHAAL 1:200

**OPMERKINGEN**

TECHNISCHE OPMERKINGEN

- \* Maten zijn weergegeven in meters
- \* Coördinaten in RD
- \* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven
- \* Diameters en maten in meters
- \* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 180 richting het haven terrein.
- \* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling
- \* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670\_WP-4-1-5\_5000.

**LEGENDA**

- KRUINBLOK
- TREDEBLOK TALUD 1:2,5
- TREDEBLOK TALUD 1:3,5
- TREDEBLOK TALUD 1:4
- TREDEBLOK TRAPEZIUM
- AANSLUITING TREDEBLOK UITWERKING IN UD
- IN SITU KRUINBLOK
- IN SITU AANSLUITING BLOKKEN
- TRAP VERBINDING MET HAVENTERREIN
- DIJKTRAP
- DAMWAND BUITENTEEN EN COUPEUR

**OVERZICHT**

**SCHAALBLOK**

0 2 4 6 8m

**KLANT**

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

**AANNEEMER**

Van Oord Marine ingenieurs

**PROJECTNAAM**

E&C Havendijk Den Oever

|      |            |                        |          |          |       |
|------|------------|------------------------|----------|----------|-------|
| G1   | 24-02-2017 | DO getrapte bekleding  | ASR      | FRI      | PHM   |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Tekenaar | Gegevens | Klant |

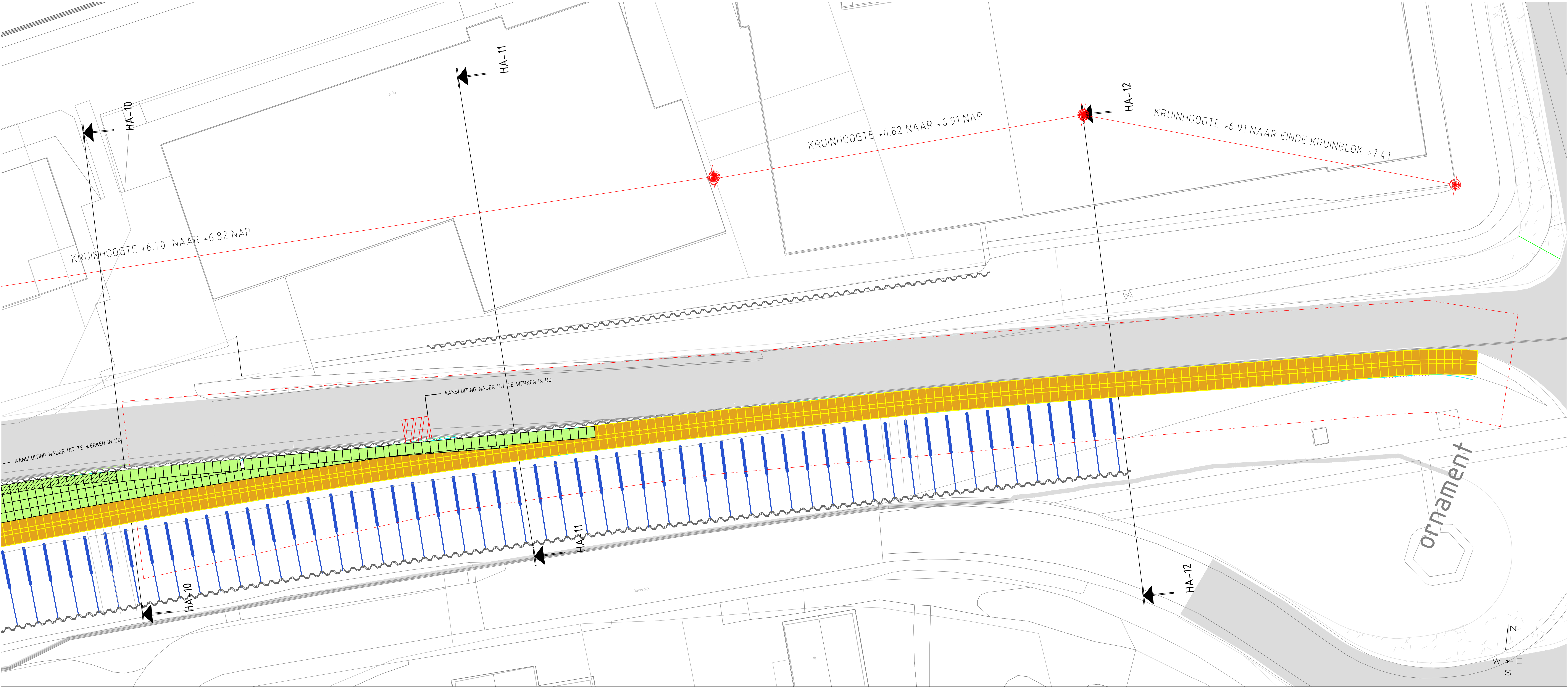
**Bovenaanzicht elementtypen getrapte bekleding en locaties doorsneden**

**Doorsnede HA-06 tot en met HA-11**

|                |                       |         |              |
|----------------|-----------------------|---------|--------------|
| Van Oord       | 15.4670_WP-4-1-5_5001 | 1:200   | A0           |
| Werkpakket nr. |                       | Schaal  | Formaat      |
| Van Oord       | 01                    | 2 van 3 | 01           |
| Sharepoint nr. |                       | Blad    | Huidige Rev. |

© Van Oord 2017





OVERZICHT GETRAPTE BEKLEDING  
SECTIE HA10 - HA12  
SCHAAL 1:200

OPMERKINGEN

TECHNISCHE OPMERKINGEN

- Maten zijn weergegeven in meters
- Coördinaten in RD
- Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven
- Diameters en materiaalmaten in meters
- Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 180 richting het haven terrein.
- Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling
- De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670\_WP-4-1-5\_5000.

LEGENDA

KRUINBLOK

TREDEBLOK TALUD 1:2,5

TREDEBLOK TALUD 1:3,5

TREDEBLOK TALUD 1:4

TREDEBLOK TRAPEZIUM

AANSLUITING TREDEBLOK UITWERKING IN UD

IN SITU KRUINBLOK

IN SITU AANSLUITING BLOKKEN

TRAP VERBINDING MET HAVENTERREIN

DIJKTRAP

DAMWAND BUITENTEEN EN COUPURE

OVERZICHT

SCHAALBLOK

KLANT

AANNEMER

PROJECTNAAM

E&C Havendijk Den Oever

|      |            |                        |          |          |       |
|------|------------|------------------------|----------|----------|-------|
| 01   | 24-02-2017 | DO getrapte bekleding  | ASR      | FRI      | PIM   |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Tekenaar | Gegevens | Klant |

Bovenaanzicht elementtypen getrapte bekleding en locaties doorsnedes

Doorsnede HA-10 tot en met HA-12

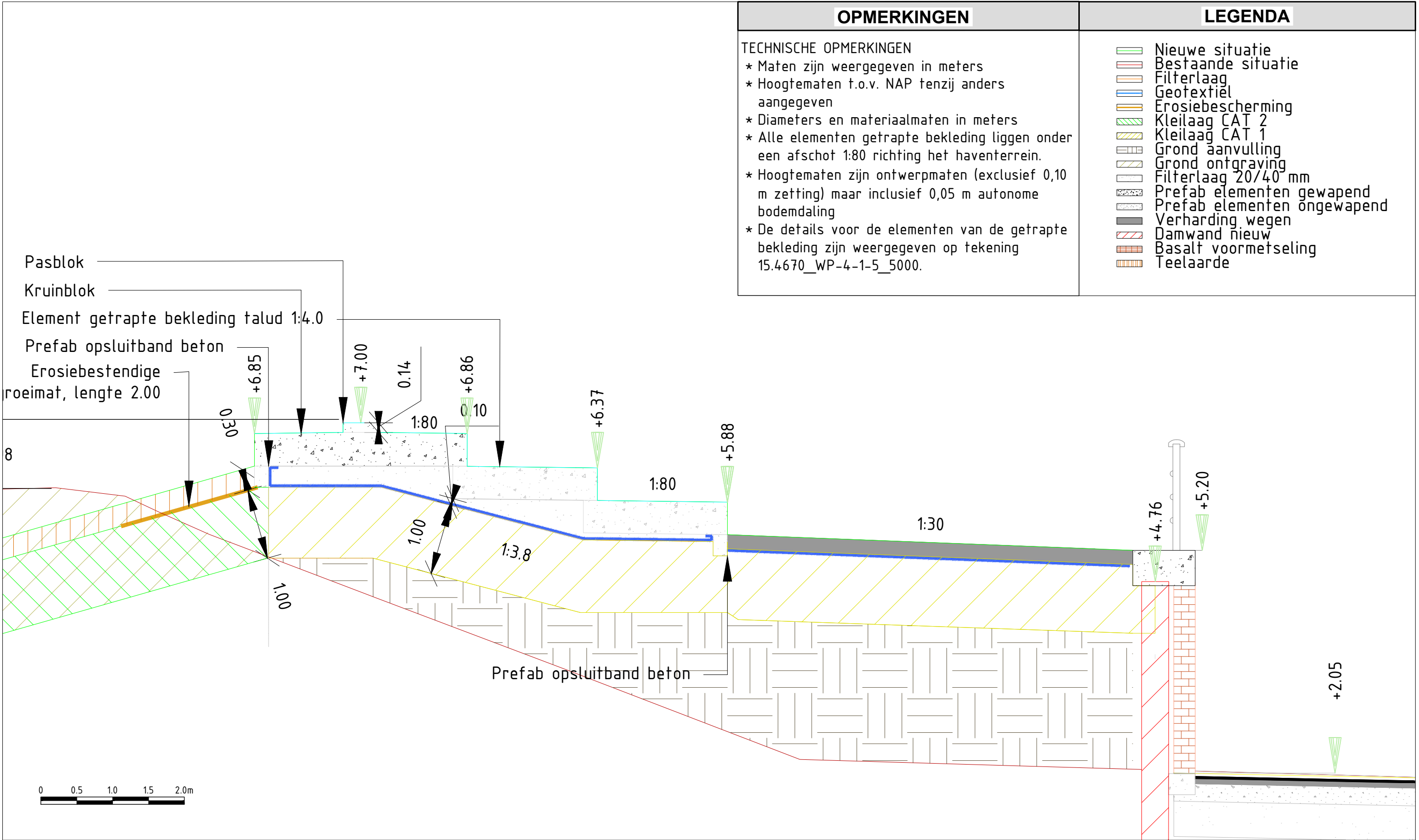
|                |        |         |
|----------------|--------|---------|
| Van Oord       | 1:200  | A0      |
| Werkpakket nr. | Schaal | Formaat |
| Van Oord       | 01     | 01      |
| Sharepoint nr. | 001    | 001     |

© 2000-2017 APPLICATION DATA/08-AUTOCAD/2013-TEMPLATE/001-DWG-TEMPLATE/AUTOCAD-000-A6-TEMPLATE.DWG

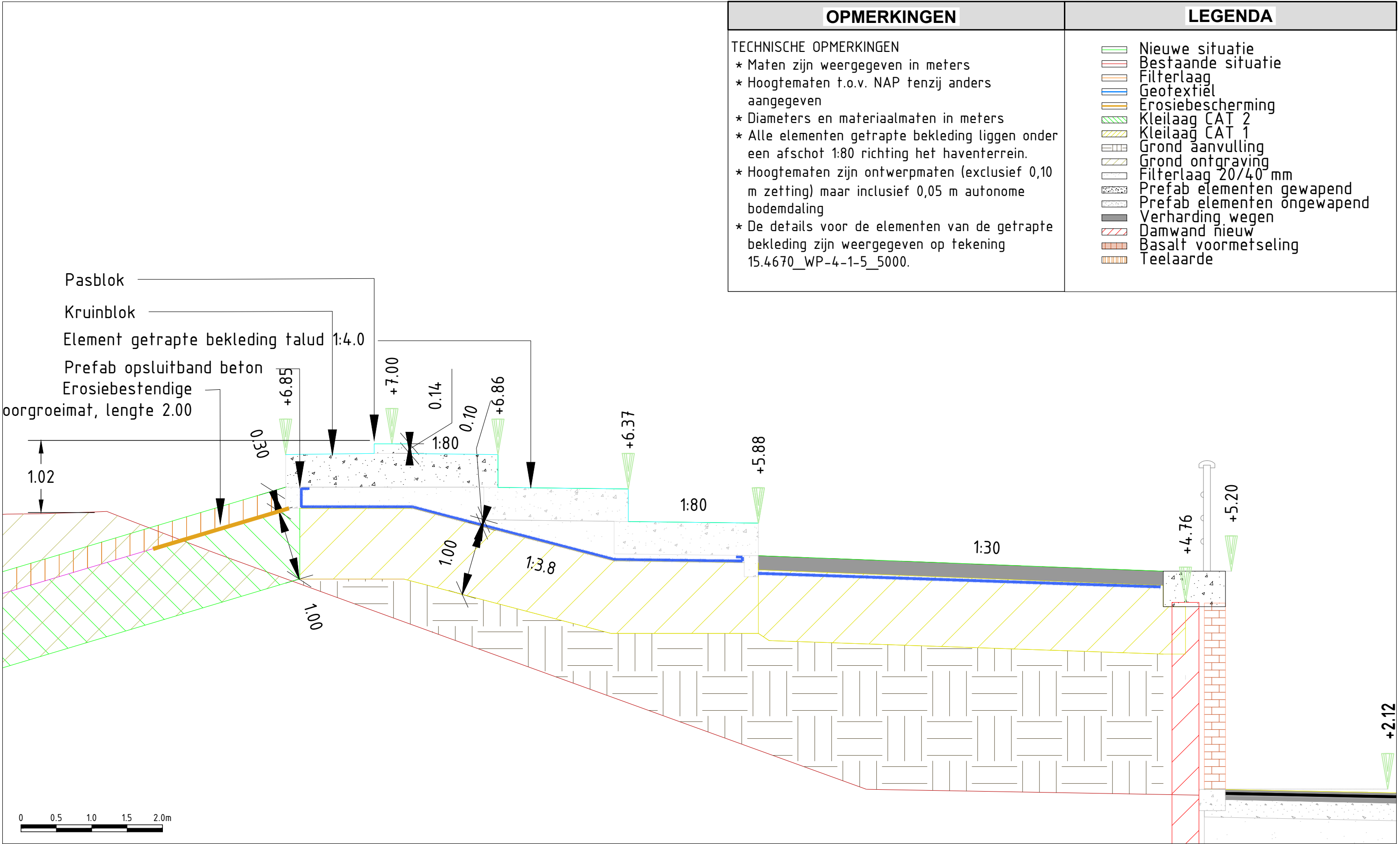




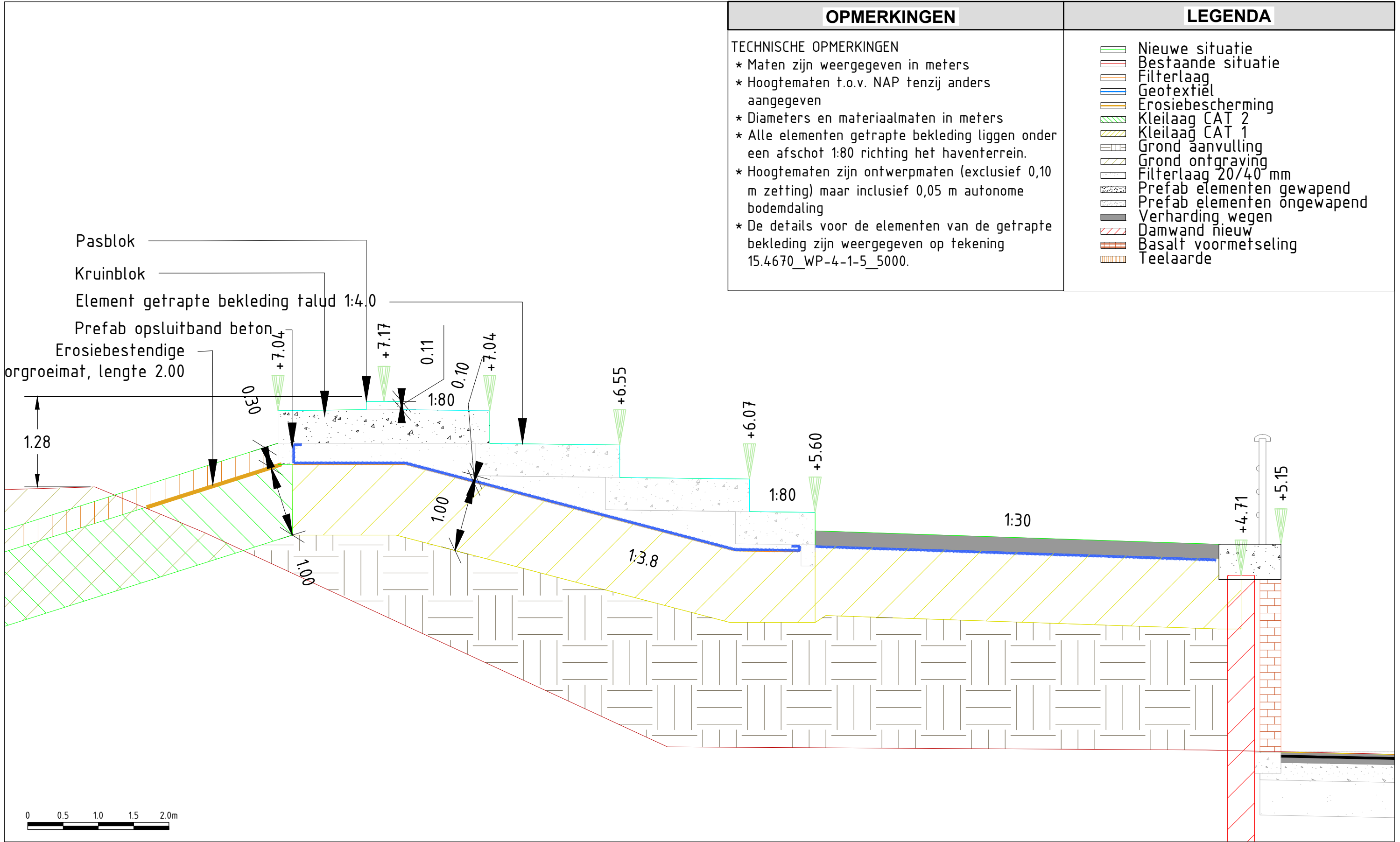




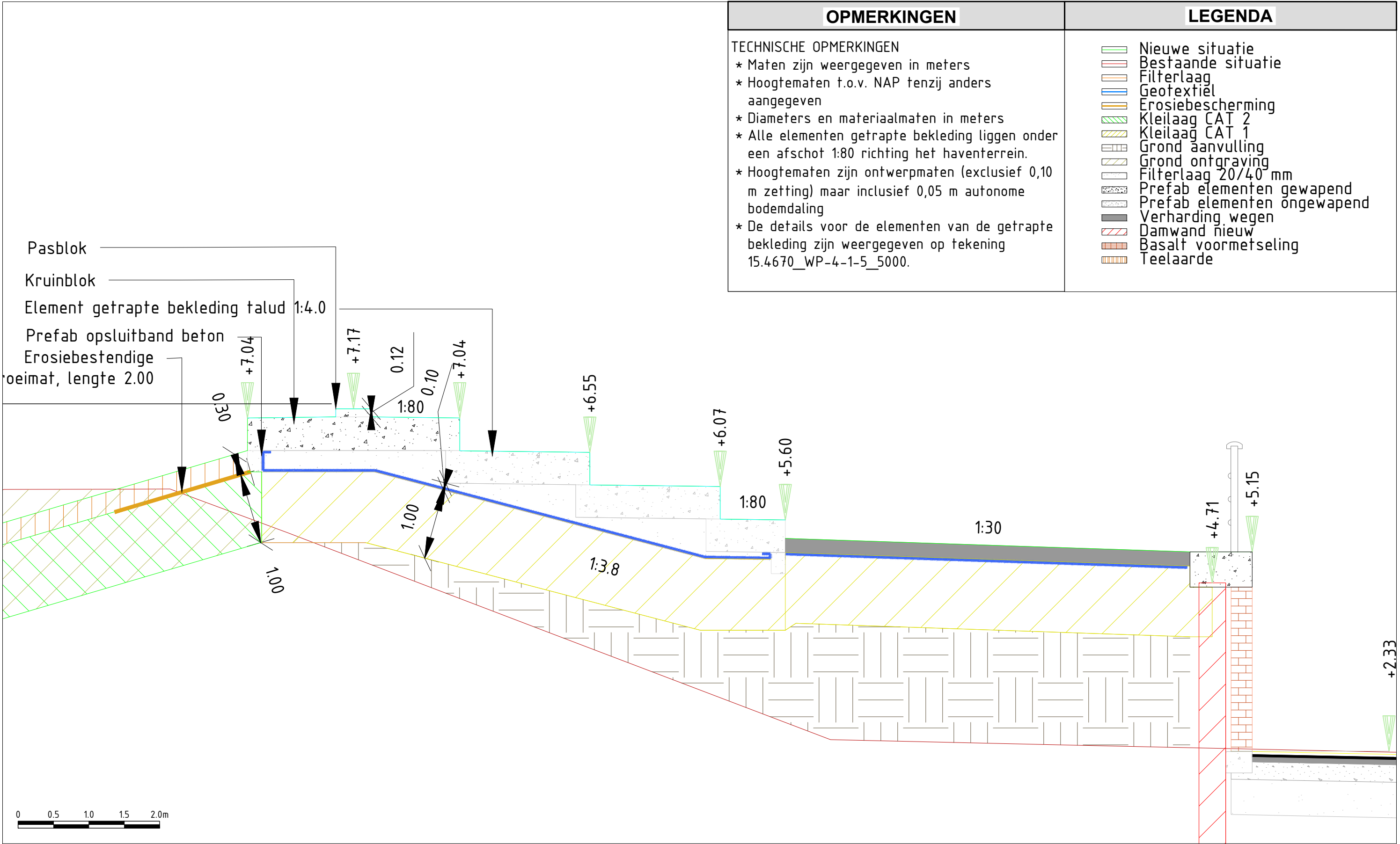
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div></div></div></div></div></div></div></div></div> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |      |              |                         |                       |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|------|--------------|-------------------------|-----------------------|--|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div><div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |      |              | Van Oord Werkpakket nr. |                       |  |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |      |              |                         | 15.4670_WP-4-1-5_5003 |  |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |      |              |                         | Sharepoint nr.        |  |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-03</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-03 | ABR          | FRI   | PIM  |              | 1:50                    | A3                    |  |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-03 | KST          | FRI   | PIM  |              | Schaal                  | Formaat               |  |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |      |              | 3 van 12                | 02                    |  |
|                                                                                                                                                                                        | Rev.                                                                                                                                                                                    | Datum                                                                          | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | Blad | Huidige Rev. |                         |                       |  |

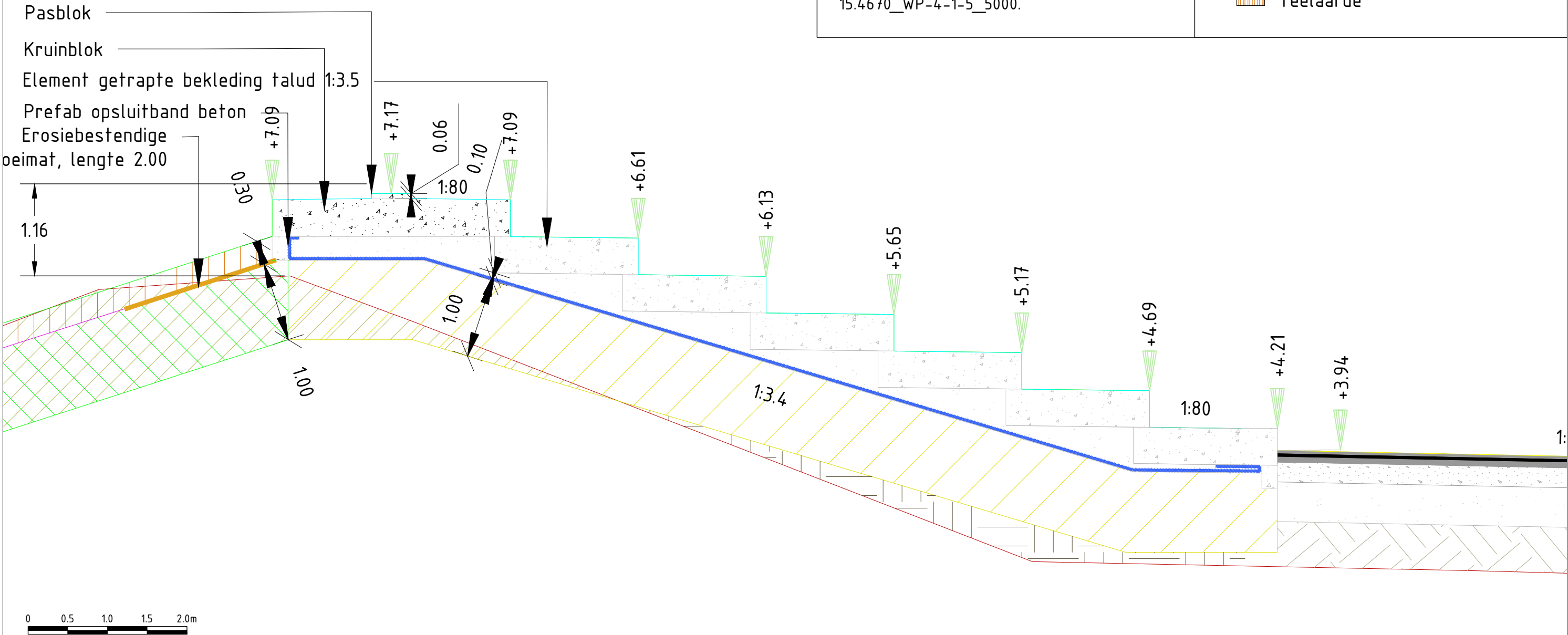


|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 |      |            |                        |          |           |              |       |                         |              |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------------|------------------------|----------|-----------|--------------|-------|-------------------------|--------------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div>  | <div>KLANT</div> <div><div><div></div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div> |      |            |                        |          |           |              |       | Van Oord Werkpakket nr. |              |
|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 |      |            |                        |          |           |              |       | 15.4670_WP-4-1-5_5003   |              |
|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 |      |            |                        |          |           |              |       | Sharepoint nr.          |              |
|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 |      |            |                        |          |           |              |       | 1:50                    | A3           |
| <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-04</div> |                                                                                                                 |                                                                 | 02   | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-04        | ABR      | FRI       | PIM          |       | Schaal                  | Formaat      |
|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 | 01   | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-04        | KST      | FRI       | PIM          |       | 4 van 12                | 02           |
|                                                                                |                                                                                                                 |                                                                 | Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Getekend | Nagekeken | Goed-gekeurd | Klant | Blad                    | Huidige Rev. |



|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |                         |                       |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|----------|-------------------------|-----------------------|---------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div><div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |          | Van Oord Werkpakket nr. |                       |         |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |                         | 15.4670_WP-4-1-5_5003 |         |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |                         | Sharepoint nr.        |         |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-02</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-05 | ABR          | FRI   | PIM      |                         | 1:50                  | A3      |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-05 | KST          | FRI   | PIM      |                         | Schaal                | Formaat |
| Rev.                                                                                                                                                                                   | Datum                                                                                                                                                                                   |                                                                                | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | 5 van 12 | 02                      |                       |         |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       | Blad     | Huidige Rev.            |                       |         |

| OPMERKINGEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | LEGENDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TECHNISCHE OPMERKINGEN<br>* Maten zijn weergegeven in meters<br>* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven<br>* Diameters en materiaalmaten in meters<br>* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 1:80 richting het haventerrein.<br>* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling<br>* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670_WP-4-1-5_5000. | <div><div></div><div>Nieuwe situatie</div></div> <div><div></div><div>Bestaande situatie</div></div> <div><div></div><div>Filterlaag</div></div> <div><div></div><div>Geotextiël</div></div> <div><div></div><div>Erosiebescherming</div></div> <div><div></div><div>Kleilaag CAT 2</div></div> <div><div></div><div>Kleilaag CAT 1</div></div> <div><div></div><div>Grond aanvulling</div></div> <div><div></div><div>Grond ontgraving</div></div> <div><div></div><div>Filterlaag 20/40 mm</div></div> <div><div></div><div>Prefab elementen gewapend</div></div> <div><div></div><div>Prefab elementen ongewapend</div></div> <div><div></div><div>Verharding wegen</div></div> <div><div></div><div>Damwand nieuw</div></div> <div><div></div><div>Basalt voormetseling</div></div> <div><div></div><div>Teelaarde</div></div> |



|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              |                                                         |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|----------|--------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div><div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |          |              | Van Oord Werkpakket nr.<br><b>15.4670_WP-4-1-5_5003</b> |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              | Sharepoint nr.                                          |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-06</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-06 | ABR          | FRI   | PIM      |              | <b>1:50</b>                                             | <b>A3</b> |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-06 | KST          | FRI   | PIM      |              | Schaal                                                  | Formaat   |
| Rev.                                                                                                                                                                                   | Datum                                                                                                                                                                                   |                                                                                | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | 6 van 12 | 02           |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       | Blad     | Huidige Rev. |                                                         |           |



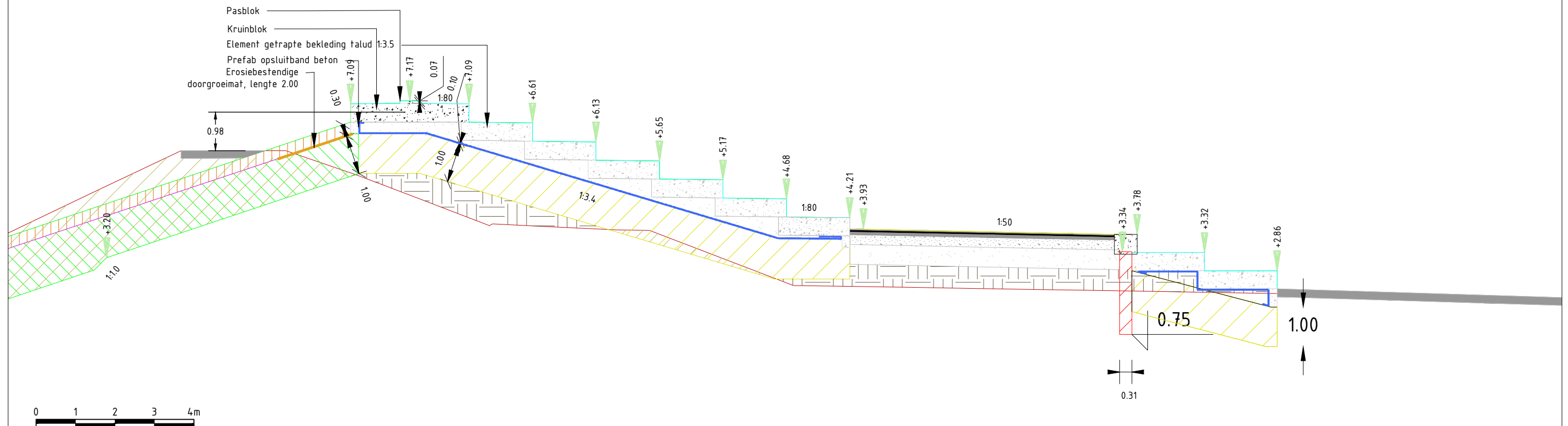
## OPMERKINGEN

### TECHNISCHE OPMERKINGEN

- \* Maten zijn weergegeven in meters
- \* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven
- \* Diameters en materiaalmaten in meters
- \* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 1:80 richting het haventerrein.
- \* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling
- \* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670\_WP-4-1-5\_5000.

## LEGENDA

- Nieuwe situatie
- Bestaande situatie
- Filterlaag
- Geotextiël
- Erosiebescherming
- Kleilaag CAT 2
- Kleilaag CAT 1
- Grond aanvulling
- Grond ontgraving
- Filterlaag 20/40 mm
- Prefab elementen gewapend
- Prefab elementen ongewapend
- Verharding wegen
- Damwand nieuw
- Basalt voormetseling
- Teelaarde



AANNEMER

**Van Oord**  
Marine ingenuity

KLANT



PROJECT

E&C Dijkversterking Den Oever

TEKENING TITEL

DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-07

|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|------|------------|------------------------|----------|-----------|--------------|-------|--|
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
| 02   | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-07        | ABR      | FRI       | PIM          |       |  |
| 01   | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-07        | KST      | FRI       | PIM          |       |  |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Getekend | Nagekeken | Goed-gekeurd | Klant |  |

Van Oord Werkpakket nr.

**15.4670\_WP-4-1-5\_5003**

Sharepoint nr.

**1:100**

Schaal

7 van 12

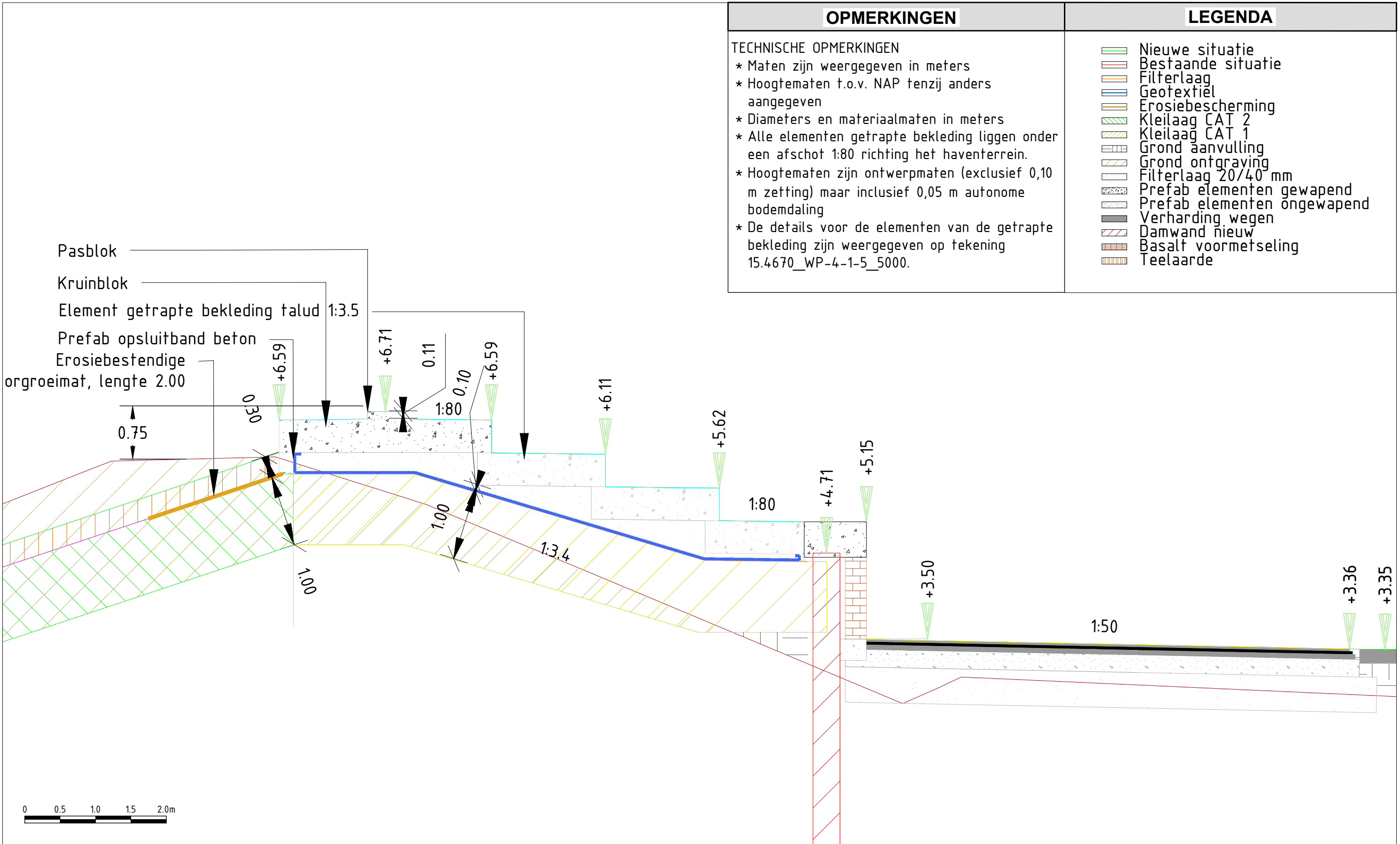
Blad

**A3**

Formaat

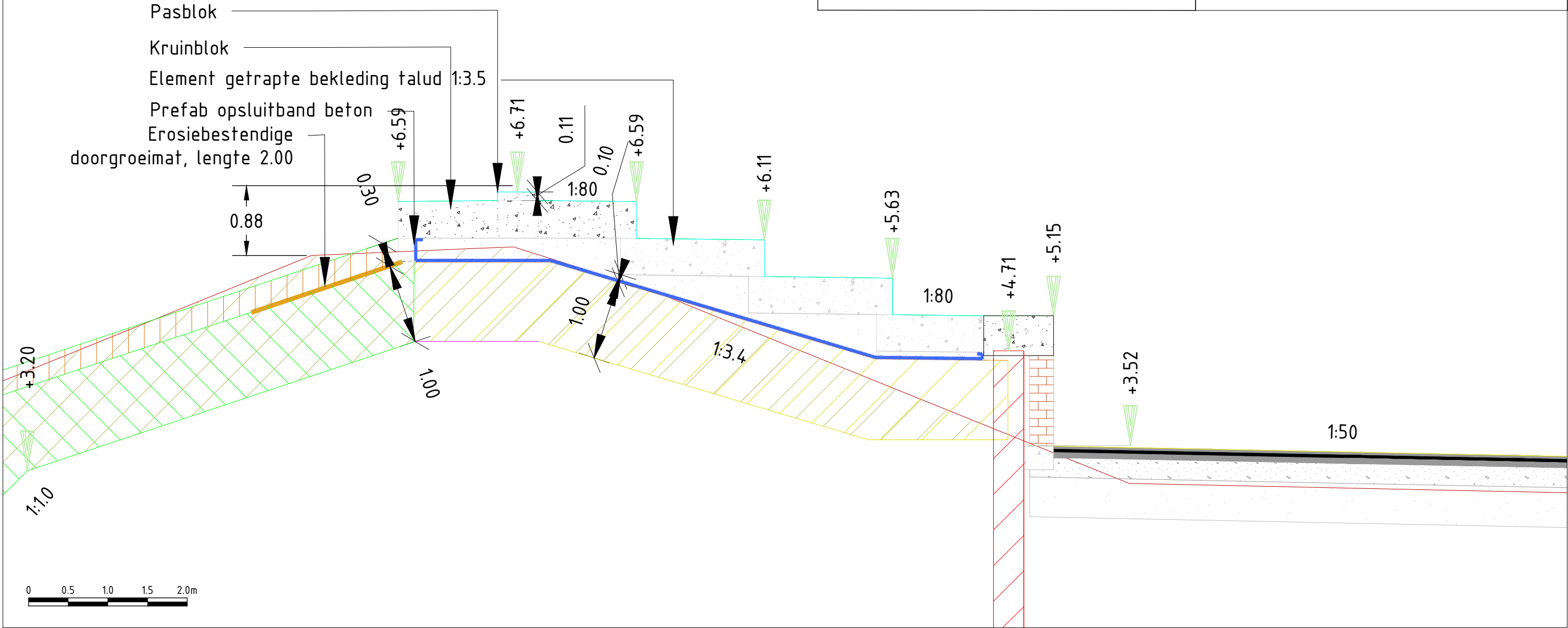
02

Huidige Rev.

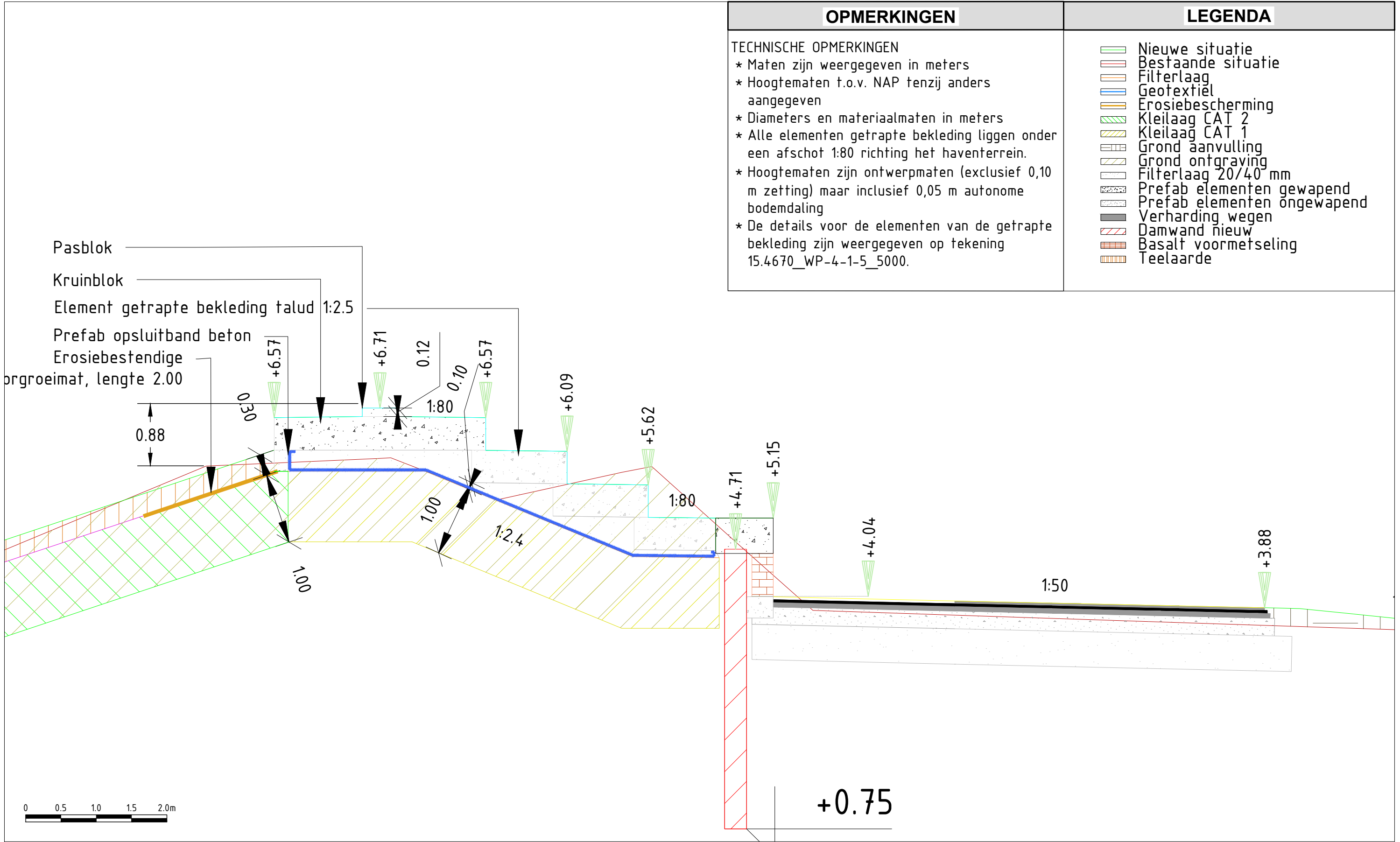


|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              |                                                         |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|----------|--------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div><div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |          |              | Van Oord Werkpakket nr.<br><b>15.4670_WP-4-1-5_5003</b> |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              | Sharepoint nr.                                          |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-08</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-08 | ABR          | FRI   | PIM      |              | <b>1:50</b>                                             | <b>A3</b> |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-08 | KST          | FRI   | PIM      |              | Schaal                                                  | Formaat   |
| Rev.                                                                                                                                                                                   | Datum                                                                                                                                                                                   |                                                                                | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | 8 van 12 | 02           |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       | Blad     | Huidige Rev. |                                                         |           |

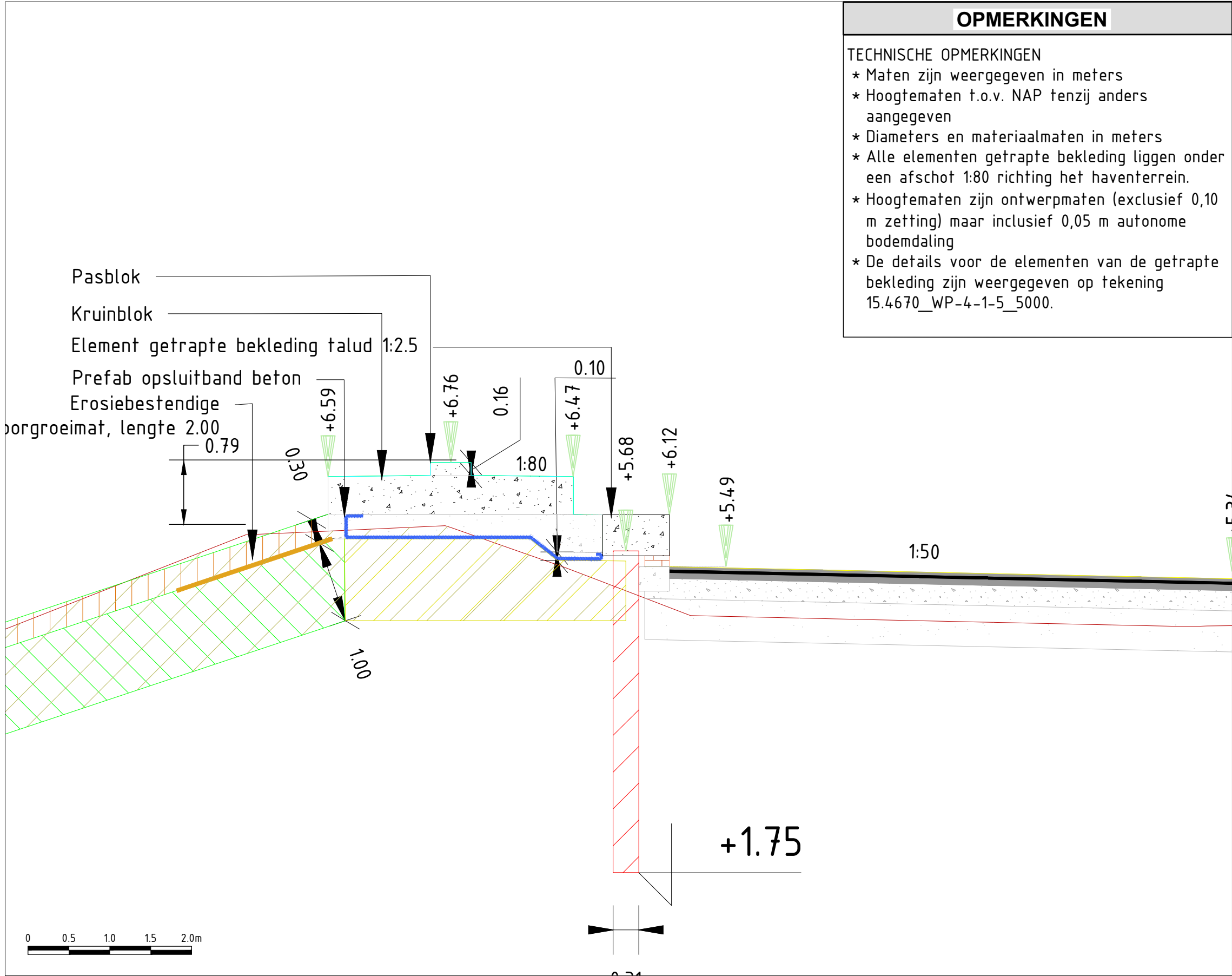
| OPMERKINGEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | LEGENDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TECHNISCHE OPMERKINGEN<br>* Maten zijn weergegeven in meters<br>* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven<br>* Diameters en materiaalmaten in meters<br>* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 1:80 richting het haventerrein.<br>* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling<br>* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670_WP-4-1-5_5000. | <div><div></div><div>Nieuwe situatie</div></div> <div><div></div><div>Bestaande situatie</div></div> <div><div></div><div>Filterlaag</div></div> <div><div></div><div>Geotextiel</div></div> <div><div></div><div>Erosiebescherming</div></div> <div><div></div><div>Kleilaag CAT 2</div></div> <div><div></div><div>Kleilaag CAT 1</div></div> <div><div></div><div>Grond aanvulling</div></div> <div><div></div><div>Grond ontgraving</div></div> <div><div></div><div>Filterlaag 20/40 mm</div></div> <div><div></div><div>Prefab elementen gewapend</div></div> <div><div></div><div>Prefab elementen ongewapend</div></div> <div><div></div><div>Verharding wegen</div></div> <div><div></div><div>Damwand nieuw</div></div> <div><div></div><div>Basalt voormetseling</div></div> <div><div></div><div>Teelaarde</div></div> |



|                                                                                                     |                                                                                                                             |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              |                         |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|----------|--------------|-------------------------|---------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div></div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div><div></div><div>hoogheemraadschap</div><div>Hollands</div><div>Noorderkwartier</div></div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |          |              | Van Oord Werkpakket nr. |         |
|                                                                                                     |                                                                                                                             |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              | 15.4670_WP-4-1-5_5003   |         |
|                                                                                                     |                                                                                                                             |                                                                                |                        |            |                 |              |       |          |              | Sharepoint nr.          |         |
|                                                                                                     |                                                                                                                             | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-09</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-09 | ABR          | FRI   | PIM      |              | 1:50                    | A3      |
|                                                                                                     |                                                                                                                             |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-09 | KST          | FRI   | PIM      |              | Schaal                  | Formaat |
| Rev.                                                                                                | Datum                                                                                                                       |                                                                                | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | 9 van 12 | 02           |                         |         |
|                                                                                                     |                                                                                                                             |                                                                                |                        |            |                 |              |       | Blad     | Huidige Rev. |                         |         |



|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |           |              |                                                         |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|--------------|-------|-----------|--------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <div>AANNEMER</div> <div><div><div>Van Oord</div><div>Marine ingenuity</div></div><div></div></div> | <div>KLANT</div> <div><div></div><div>hoogheemraadschap<br/>Hollands<br/>Noorderkwartier</div></div> | <div>PROJECT</div> <div>E&amp;C Dijkversterking Den Oever</div>                |                        |            |                 |              |       |           |              | Van Oord Werkpakket nr.<br><b>15.4670_WP-4-1-5_5003</b> |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |           |              | Sharepoint nr.                                          |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       |           |              |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         | <div>TEKENING TITEL</div> <div>DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-10</div> | 02                     | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-10 | ABR          | FRI   | PIM       |              | <b>1:50</b>                                             | <b>A3</b> |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                | 01                     | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-10 | KST          | FRI   | PIM       |              | Schaal                                                  | Formaat   |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                        |            |                 |              |       | 10 van 12 | 02           |                                                         |           |
|                                                                                                                                                                                        | Rev.                                                                                                                                                                                    | Datum                                                                          | Opmerking/Beschrijving | Getekend   | Nagekeken       | Goed-gekeurd | Klant | Blad      | Huidige Rev. |                                                         |           |



OPMERKINGEN

- TECHNISCHE OPMERKINGEN
- \* Maten zijn weergegeven in meters
  - \* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven
  - \* Diameters en materiaalmaten in meters
  - \* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 1:80 richting het haventerrein.
  - \* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling
  - \* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670\_WP-4-1-5\_5000.

LEGENDA

- Nieuwe situatie
- Bestaande situatie
- Filterlaag
- Geotextiël
- Erosiebescherming
- Kleilaag CAT 2
- Kleilaag CAT 1
- Grond aanvulling
- Grond ontgraving
- Filterlaag 20/40 mm
- Prefab elementen gewapend
- Prefab elementen ongewapend
- Verharding wegen
- Damwand nieuw
- Basalt voormetseling
- Teelaarde

AANNEMER

**Van Oord**   
Marine ingenuity

KLANT

 **hoogheemraadschap  
Hollands  
Noorderkwartier**

PROJECT

E&C Dijkversterking Den Oever

TEKENING TITEL

DETAIL DOORSNEDE GETRAPTE BEKLEDING HA-11

|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|------|------------|------------------------|----------|-----------|--------------|-------|--|
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
| 02   | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-11        | ABR      | FRI       | PIM          |       |  |
| 01   | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-11        | KST      | FRI       | PIM          |       |  |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Getekend | Nagekeken | Goed-gekeurd | Klant |  |

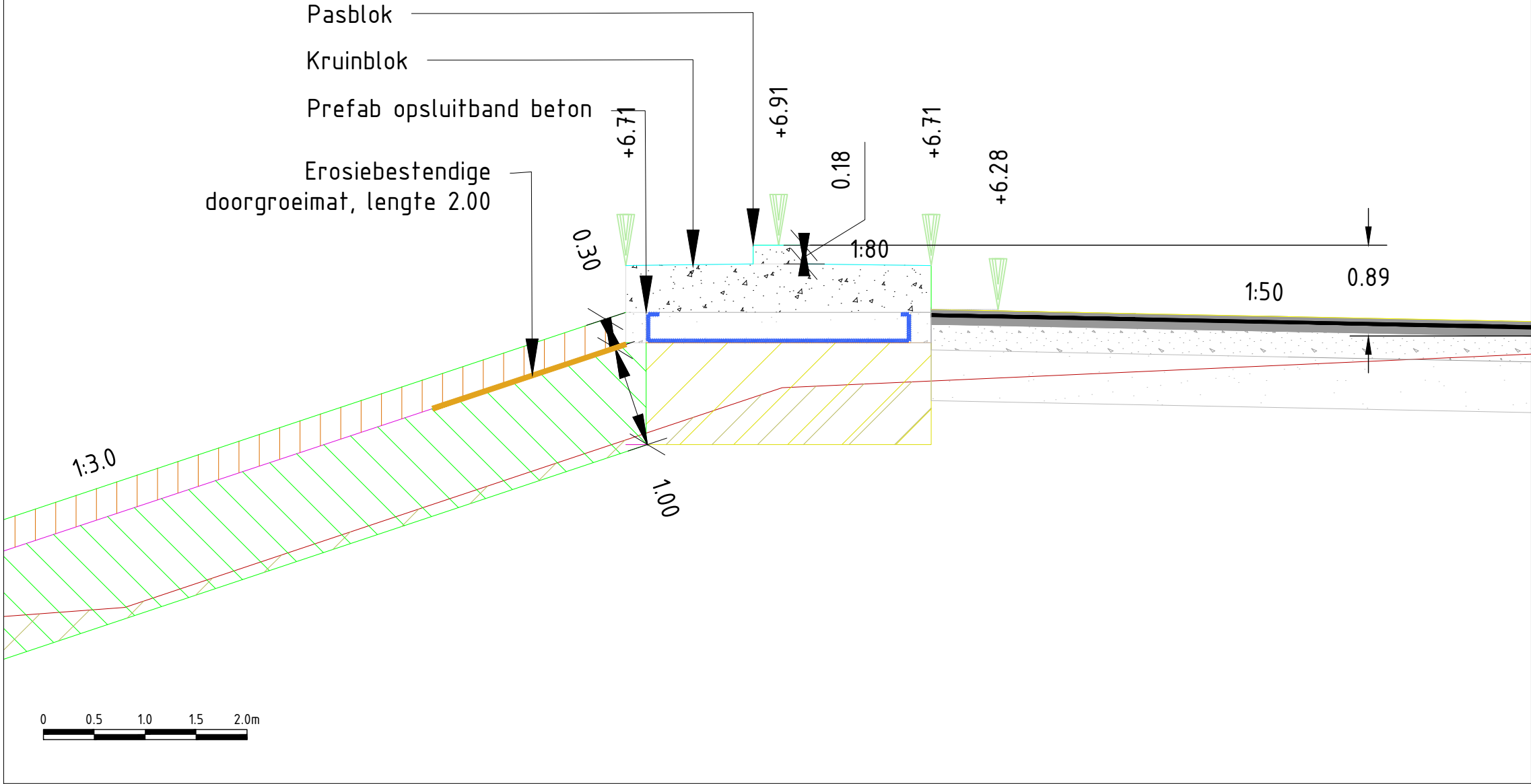
|                                                         |              |
|---------------------------------------------------------|--------------|
| Van Oord Werkpakket nr.<br><b>15.4670_WP-4-1-5_5003</b> |              |
| Sharepoint nr.                                          |              |
| <b>1:50</b>                                             | <b>A3</b>    |
| Schaal                                                  | Formaat      |
| 11 van 12                                               | 02           |
| Blad                                                    | Huidige Rev. |

**OPMERKINGEN**

TECHNISCHE OPMERKINGEN

- \* Maten zijn weergegeven in meters
- \* Hoogtematen t.o.v. NAP tenzij anders aangegeven
- \* Diameters en materiaalmaten in meters
- \* Alle elementen getrapte bekleding liggen onder een afschot 1:80 richting het haventerrein.
- \* Hoogtematen zijn ontwerpmaten (exclusief 0,10 m zetting) maar inclusief 0,05 m autonome bodemdaling
- \* De details voor de elementen van de getrapte bekleding zijn weergegeven op tekening 15.4670\_WP-4-1-5\_5000.

- LEGENDA**
- Nieuwe situatie
  - Bestaande situatie
  - Filterlaag
  - Geotextiël
  - Erosiebescherming
  - Kleilaag CAT 2
  - Kleilaag CAT 1
  - Grond aanvulling
  - Grond ontgraving
  - Filterlaag 20/40 mm
  - Prefab elementen gewapend
  - Prefab elementen ongewapend
  - Verharding wegen
  - Damwand nieuw
  - Basalt voormetseling
  - Teelaarde



|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|------|------------|------------------------|----------|-----------|--------------|-------|--|
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
|      |            |                        |          |           |              |       |  |
| 02   | 24-02-2017 | DOORSNEDE HA-12        | ABR      | FRI       | PIM          |       |  |
| 01   | 31/01/2017 | DOORSNEDE HA-12        | KST      | FRI       | PIM          |       |  |
| Rev. | Datum      | Opmerking/Beschrijving | Getekend | Nagekeken | Goed-gekeurd | Klant |  |

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| Van Oord Werkpakket nr. |              |
| 15.4670_WP-4-1-5_5003   |              |
| Sharepoint nr.          |              |
| 1:50                    | A3           |
| Schaal                  | Formaat      |
| 12 van 12               | 02           |
| Blad                    | Huidige Rev. |



## **Bijlage 3 Risicotabel**



Rapportage: Risicodossier

Filter(s):    - - - - Verantwoordelijke persoon - -

Sortering:    1e: Risicoscore actueel - 2e: Risicoscore initieel - 3e: Risico ID

| Risico ID | Ext. ID | Allo-<br>catie | Risico<br>categorie | Verantw. WP                                                     | Status<br>Risico | Omschrijving (incident)                                                                                                      | Oorzaak                                                                                                                                | Gevolg                                                              | Kwantificering Initieel |         |                                                                                                                                                                  |            |                                                                 |            |            | Beheersmaatregel |                                                                                                       |            |                                                                                      |                                                                  |            | Kwantificering Actueel |               |      |      |           |          | Kwantificering Rest |       |      |      |      |           |          |            |       |   |  |  |  |  |
|-----------|---------|----------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|------------|------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|------------------------|---------------|------|------|-----------|----------|---------------------|-------|------|------|------|-----------|----------|------------|-------|---|--|--|--|--|
|           |         |                |                     |                                                                 |                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                     | Kans                    | Tijd    | Geld                                                                                                                                                             | Kwaliteit  | Omgeving                                                        | Veiligheid | Score      | ID               | Omschrijving maatregel                                                                                | Type       | Verantw. WP                                                                          | Bijlagen                                                         | Deadline   | Status BM              | Kans          | Tijd | Geld | Kwaliteit | Omgeving | Veiligheid          | Score | Kans | Tijd | Geld | Kwaliteit | Omgeving | Veiligheid | Score |   |  |  |  |  |
| R-00045   |         | ON             | Techniek            | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | Zettingen getrapte bekleding niet haalbaar                                                                                   | Onzorgvuldige uitvoering Verkeerde aannames in berekeningen o.i.d.                                                                     | Vertraging                                                          | 3                       | 3       | 3                                                                                                                                                                | 1          | 3                                                               | 0          | 30         | M-00158          | Monitoring zetting                                                                                    | Preventief | WP-5 - Realisatie (Rijke, Daaf de - Hakkers)                                         |                                                                  |            |                        | In voorbereid | 3    | 3    | 3         | 1        | 3                   | 0     | 30   | 1    | 2    | 1         | 1        | 0          | 0     | 4 |  |  |  |  |
|           |         |                |                     |                                                                 |                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                     |                         | M-00025 | Tijdens de uitvoering controle/toetsen te behalen verdichtingswaarden.                                                                                           | Preventief | WP-5 - Realisatie (Rijke, Daaf de - Hakkers)                    |            |            | In voorbereid    |                                                                                                       |            |                                                                                      |                                                                  |            |                        |               |      |      |           |          |                     |       |      |      |      |           |          |            |       |   |  |  |  |  |
|           |         |                |                     |                                                                 |                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                     |                         | M-00024 | Veel aandacht voor zetting berekeningen                                                                                                                          | Preventief | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) |            |            | Afgerond         |                                                                                                       |            |                                                                                      |                                                                  |            |                        |               |      |      |           |          |                     |       |      |      |      |           |          |            |       |   |  |  |  |  |
| R-00019   |         | ON/OG          | Techniek            | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | ENW geeft geen goedkeuring op ontwerp                                                                                        | Discussie over toetsmethoden                                                                                                           | Uitloop in planning en kosten.                                      | 4                       | 4       | 2                                                                                                                                                                | 1          | 0                                                               | 0          | 28         | M-00107          | Vroegtijdig informeren van ENW techniek over ontwerp methode.                                         | Correctief | WP-4-1-8 - Levering Toetsmethodiek getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) |                                                                  | 2017-02-28 | In uitvoering          | 4             | 4    | 2    | 1         | 0        | 0                   | 28    | 3    | 3    | 1    | 1         | 0        | 0          | 15    |   |  |  |  |  |
| R-00065   |         | ON             | Omgeving            | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | Plaatsen van de blokken kost meer tijd door stricte tolerantie eis                                                           | Stricte tolerantie eisen                                                                                                               | Vertraging in de planning                                           | 3                       | 3       | 2                                                                                                                                                                | 0          | 2                                                               | 0          | 21         | M-00132          | Goede kwaliteit van het onderlaag (verdichting en vlakheid)                                           | Preventief | WP-5-02WP-5-0 - Realisatie Deelgebied A1Realisatie Deelgebied A2 (, - ) (, - )       |                                                                  | 2017-05-30 | In voorbereid          | 3             | 3    | 2    | 0         | 2        | 0                   | 21    | 2    | 2    | 1    | 0         | 1        | 0          | 8     |   |  |  |  |  |
| R-00023   |         | OG             | Techniek            | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | Ontwerpmethodiek getrapte bekleding onvoldoende helder voor opstellen DO                                                     | Onduidelijkheid over ontwerpmethodiek in contractstukken.                                                                              | Uitloop planning en veel overleg en discussies over ontwerpmethode. | 4                       | 3       | 2                                                                                                                                                                | 0          | 0                                                               | 0          | 20         | M-00111          | Vroegtijdig overleg met OG over ontwerpmethode.                                                       | Preventief | WP-4-1 - Opstellen Definitief Ontwerp (DO) (Pater, Pim de - Van Oord)                |                                                                  |            | In uitvoering          | 4             | 3    | 2    | 0         | 0        | 0                   | 20    | 4    | 3    | 2    | 0         | 0        | 0          | 20    |   |  |  |  |  |
| R-00067   |         | ON             | Omgeving            | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | De vormgeving van de getrapte bekleding (spleten en van de overgangsconstructie) wijkt af van verwachtingen van de omgeving. | De getrapte bekleding wordt opgebouwd uit losse prefab elementen. Spleten tussen de elementen zijn nodig om stabiliteit te garanderen. | Niet voldoen aan de wensen van omgeving en OG                       | 4                       | 0       | 1                                                                                                                                                                | 2          | 1                                                               | 0          | 16         | M-00133          | Oplossingsrichtingen vroegtijdig communiceren met OG.                                                 | Preventief | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos)                      |                                                                  | 2017-01-31 | Actueel                | 4             | 0    | 1    | 2         | 1        | 0                   | 16    | 1    | 0    | 0    | 1         | 1        | 0          | 2     |   |  |  |  |  |
| R-00009   |         | OG             | Juridisch           | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | Discussie over verantwoordelijkheid ontwerpmethodiek getrapte bekleding / ENW traject                                        | Onduidelijkheid over ontwerpverantwoording m.b.t. ontwerpmethodiek getrapte bekleding.                                                 | Vertraging op de planning                                           | 3                       | 2       | 2                                                                                                                                                                | 1          | 0                                                               | 0          | 15         | M-00103          | Controle door jurist.                                                                                 | Preventief | WP-1-2 - Contractmanage (Bontenbal, Wulfert - Van Oord)                              | D-00244 - Waarschuwing: tbv OG mbt ontwerpmetho dijkhoogte (1.0) | 2017-01-13 | Afgerond               | 3             | 2    | 2    | 1         | 0        | 0                   | 15    | 1    | 2    | 1    | 1         | 0        | 0          | 4     |   |  |  |  |  |
| R-00018   |         | ON/OG          | Organisatie         | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) | Actueel          | Optimalisatie van de getrapte bekleding (van Oord blok) voldoet niet aan eisen/ verwachtingen ENW.                           | Verschil in Blok geometrie VO en DO.                                                                                                   | Uitloop in de planning en in kosten.                                | 3                       | 3       | 2                                                                                                                                                                | 1          | 0                                                               | 0          | 18         | M-00106          | Inzet deskundig ingenieursbureau t.b.v. ontwerp bekleding en uitvoeren review door deskundige partij. | Preventief | WP-4-1 - Opstellen Definitief Ontwerp (DO) (Pater, Pim de - Van Oord)                |                                                                  | 2017-01-20 | In uitvoering          | 2             | 3    | 2    | 1         | 0        | 0                   | 12    | 1    | 2    | 2    | 1         | 0        | 0          | 5     |   |  |  |  |  |
|           |         |                |                     |                                                                 |                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                     |                         | M-00120 | Praktische invulling van de ontwerpmethodiek wordt opgenomen in de uitgangspuntennota getrapte bekleding. welke vroegtijdig ter toetsing wordt ingediend bij OG. | Preventief | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) |            | 2016-11-18 | Afgerond         |                                                                                                       |            |                                                                                      |                                                                  |            |                        |               |      |      |           |          |                     |       |      |      |      |           |          |            |       |   |  |  |  |  |
|           |         |                |                     |                                                                 |                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                     |                         | M-00131 | Regelmatige terugkoppeling van tussenresultaten met OG.                                                                                                          | Preventief | WP-4-1-5 - DO Getrapte bekleding (Kuiper, Coen - Witteveen+Bos) |            | 2017-02-28 | Actueel          |                                                                                                       |            |                                                                                      |                                                                  |            |                        |               |      |      |           |          |                     |       |      |      |      |           |          |            |       |   |  |  |  |  |

Legenda risicokwantificering

| Kans                           |             | Gevolgen Tijd |                   |             | Gevolgen Geld |                     |             | Gevolgen Kwaliteit |                                                                                                 | Gevolgen Omgeving |                                  | Gevolgen Veiligheid |                                      |
|--------------------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|---------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Kans                           | Rekenwaarde | Gevolg        | Tijd              | Rekenwaarde | Gevolg        | Geld                | Rekenwaarde | Gevolg             | Kwaliteit                                                                                       | Gevolg            | Omgeving                         | Gevolg              | Veiligheid                           |
| 0 Kan niet optreden            | 0%          | 0 Geen        | Geen tijdsverlies | 0           | 0 --          | 0                   | 0           | 0 Geen             | Geen, er wordt aan alle eisen voldaan                                                           | 0 Geen            | Geen omgevingsrisico             | 0 Geen              | Geen veiligheidsrisico               |
| 1 Onwaarschijnlijk             | 0 - 1%      | 1 Zeer klein  | < 2 weken         | 1 week      | 1 Zeer klein  | < 10.000            | 10.000      | 1 Zeer klein       | Afwijking ten aanzien van vereiste product, volledig herstelbaar                                | 1 Zeer klein      | Irritatie omgeving               | 1 Zeer klein        | Lichte blessure, EHBO                |
| 2 Komt zelden voor             | 1 - 10%     | 2 Klein       | 2 - 4 weken       | 3 weken     | 2 Klein       | 10.000 - 50.000     | 35.000      | 2 Klein            | Buiten toleranties, herstelbaar, zichtbare reparatie, er word aan de eisen voldaan              | 2 Klein           | Protesten niet-/ belanghebbenden | 2 Klein             | Lichte verwonding                    |
| 3 Kans bestaat, niet erg groot | 10 - 25%    | 3 Middel      | 4 - 8 weken       | 6 weken     | 3 Middel      | 50.000 - 250.000    | 150.000     | 3 Middel           | Afwijking niet volledig repareren, extra onderhoud gedreunde levenscyclus                       | 3 Middel          | Imagoverlies OG/ON               | 3 Middel            | Zwaar verwond                        |
| 4 Reële mogelijkheid           | 25 - 50%    | 4 Groot       | 8 - 12 weken      | 10 weken    | 4 Groot       | 250.000 - 1.000.000 | 625.000     | 4 Groot            | Aanhoudende afwijking met verminderde prestatie ten aanzien van de vereisten in de Overeenkomst | 4 Groot           | Ernstige verstoring verhoudingen | 4 Groot             | Ernstige verminking, blijvend letsel |
| 5 Kans groot                   | 50 - 100%   | 5 Zeer groot  | > 12 weken        | 18 weken    | 5 Zeer Groot  | > 1.000.000         | 1,500.000   | 5 Zeer Groot       |                                                                                                 | 5 Zeer groot      | Project onhaalbaar               | 5 Zeer groot        | Dodelijke afloop                     |
|                                |             |               |                   |             |               |                     |             | 5 Zeer Groot       | Permanente afwijking, systeemstoring(en)                                                        |                   |                                  |                     |                                      |

## Bijlage 4 Raakvlakken getrapte bekleding

| RV | Object     |                               | Raakvlak   |                                                       | Opmerkingen | Beheersing                                                                                                                                                      |
|----|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | ID         | object                        | ID         | subject                                               |             |                                                                                                                                                                 |
| 5  | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.01   | Dijklichaam                                           | Beheerst    | Berm op buitentalud is meegenomen in geotechnisch ontwerp dijklichaam; zowel mbt geometrie als voor restzettingen. Betonband opgenomen als overgangsconstructie |
| 6  | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.02.1 | Binnentaludbekleding                                  | onderkend   | Erosiebestendigheid aansluiting uitwerken in UO.                                                                                                                |
| 7  | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    | Principe detail is uitgewerkt in DO. Impact                                                                                                                     |
|    | 5.1.1.04   | Onderhoudspad                 | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    | K&L kruisingen per kruising uitwerking in UO.                                                                                                                   |
|    | 5.1.1.06   | Wandelroutes                  | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    |                                                                                                                                                                 |
| 8  | 5.1.1.02.3 | Getrapte buitentaludbekleding | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    | Principe detail is uitgewerkt in DO. Impact                                                                                                                     |
| 9  | 5.1.1.02.4 | Overige buitentaludbekleding  | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    | K&L kruisingen per kruising uitwerking in UO.                                                                                                                   |
| 10 | 5.1.1.06.1 | Dijktrappen                   | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    |                                                                                                                                                                 |
| 11 | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.03   | K&L kruisingen, betreffende grondwerk en mantelbuizen | Beheerst    | Principe detail is uitgewerkt in DO. Impact<br>K&L kruisingen per kruising uitwerking in UO.                                                                    |
| 12 | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.05   | Coupure                                               | Beheerst    | Aansluiting kruin op coupure sluit 1:20 aan.                                                                                                                    |
|    | 5.1.1.06   | Wandelroutes                  | 5.1.1.05   | Coupure                                               | Beheerst    | Pasblok is aangesloten conform visualisaties in Projectplan.                                                                                                    |
|    | 5.1.1.12   | Pasblok                       | 5.1.1.05   | Coupure                                               | Beheerst    |                                                                                                                                                                 |
| 13 | 5.1.1.02.3 | Getrapte buitentaludbekleding | 5.1.1.05   | Coupure                                               | onderkend   | Aansluiting bekleding op coupure uitwerken in UO.                                                                                                               |
|    | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.05   | Coupure                                               | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
|    | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.05.1 | Brug over coupure                                     | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
| 14 | 5.1.1.04   | Onderhoudspad                 | 5.1.1.05.1 | Brug over coupure                                     | onderkend   | Aansluiting brug over coupure met kruin uitwerken in UO, waarbij ook het zettingsverschil wordt beschouwd.                                                      |
|    | 5.1.1.06   | Wandelroutes                  | 5.1.1.05.1 | Brug over coupure                                     | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
|    | 5.1.1.12   | Pasblok                       | 5.1.1.05.1 | Brug over coupure                                     | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
| 18 | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.06.2 | Helwerken                                             | onderkend   | Detailering in UO.                                                                                                                                              |
| 19 | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.07   | Toegangsweg naar haventerrein                         | onderkend   | Aansluiting kruin op toegangsweg uitwerken in UO.                                                                                                               |
|    | 5.1.1.04   | Onderhoudspad                 | 5.1.1.07   | Toegangsweg naar haventerrein                         | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
|    | 5.1.1.06   | Wandelroutes                  | 5.1.1.07   | Toegangsweg naar haventerrein                         | onderkend   |                                                                                                                                                                 |
| 20 | 5.1.1.02.3 | Getrapte buitentaludbekleding | 5.1.1.07   | Toegangsweg naar haventerrein                         | onderkend   | Aansluiting uitwerken in UO.                                                                                                                                    |
| 23 | 5.1.1.02.3 | Getrapte buitentaludbekleding | 5.1.1.08   | Dokweg                                                | onderkend   | Overgang getrapte bekleding naar berm van Dokweg uitwerken in UO.                                                                                               |
| 24 | 5.1.1.02.2 | Kruinbekleding                | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      | Beheerst    | Raakvlak geldt alleen voor sectie 6. Typische oplossing staat op DO tekeningen.                                                                                 |
|    | 5.1.1.04   | Onderhoudspad                 | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      |             |                                                                                                                                                                 |
|    | 5.1.1.06   | Wandelroutes                  | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      |             |                                                                                                                                                                 |
| 25 | 5.1.1.02.3 | Getrapte buitentaludbekleding | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      | beheerst    | Middels deksloof conform 5.1.1.10.5.001. Typische oplossing staat op DO tekening. Detail deksloof uitwerken in UO.                                              |
| 26 | 5.1.1.02.4 | Overige buitentaludbekleding  | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      | beheerst    | Middels deksloof conform 5.1.1.10.5.001. Typische oplossing staat op DO tekening. Detail deksloof uitwerken in UO.                                              |
| 28 | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.10   | Verticale constructie buitenteen                      | beheerst    | Typische aansluiting van de berm en verharding op de verticale constructie is opgenomen in het DO. Dekvloof uitwerken in UO.                                    |
| 29 | 5.1.1.11   | Berm op buitentalud           | 5.1.1.13   | Afscheidingen, leuningen e.d.                         | onderkend   | Afscheidingen, leuningen e.d. uitwerken in UO.                                                                                                                  |

## **Bijlage 5    Berekeningssheet beschouwing plaatbekleding**

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Plaatbekleding**

---

Pagina: 1 of 5

## 1 REFERENTIES

- I. CUR (1992). Rapport 156: Cementbetonnen plaatbekledingen op dijken en oevers.
- II. G. van Vledder (2016). Golfperioden Hoogwaterkering Den Oever, 19 december 2016.
- III. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25

## 2 FORMULES

Niet alle formules worden hier benoemd. Naar de formules die niet in deze paragraaf worden benoemd, wordt naar gerefereerd in de tabel.

1.  $\Delta = \frac{\rho_b - \rho_w}{\rho_w}$

2.  $\gamma_{\sigma b} = \sigma_{b,max} / \sigma_b$

3.  $\gamma_{\tau} = \tau_{max} / \tau$

**Van Oord**   
Marine ingenuity

---

Pagina:
2 of 5

| Input                                                     |                                   |                      |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                                              | Parameter                         | Eenheid              | Toelichting                                                                                                                                         | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Gravitatieversnelling                                     | g                                 | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                                                                                                                                     | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Ontwerp waterstand                                        | MHW                               | [m + NAP]            | Ref. III, Tabel 4                                                                                                                                   | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  |
| Significante golfhoogte                                   | H <sub>s</sub>                    | [m]                  | Ref. III, Tabel 3                                                                                                                                   | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,54  | 1,54  |
| Bodemniveau haven                                         | d <sub>haven</sub>                | [m + NAP]            | Ref. III, §5.6                                                                                                                                      | -5,0  | -5,0  | -5,0  | -5,0  | -5,0  |
| Golf piekperiode                                          | T <sub>p</sub>                    | [s]                  | Ref. II, Tabel 3                                                                                                                                    | 7,87  | 7,87  | 7,87  | 7,87  | 7,87  |
| Taludhelling                                              | tan α                             | [-]                  | Ref. III, Tabel 12                                                                                                                                  | 0,25  | 0,25  | 0,25  | 0,25  | 0,25  |
| Soortelijk gewicht zeewater                               | ρ <sub>w</sub>                    | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 4                                                                                                                                   | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  |
| Soortelijk gewicht beton                                  | ρ <sub>b</sub>                    | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 13                                                                                                                                  | 2400  | 2400  | 2400  | 2400  | 2400  |
| Dikte van de toplaag                                      | D                                 | [m]                  | Blokdikte                                                                                                                                           | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  |
| Leklengte                                                 | Λ                                 | [m]                  | Ref. III, Tabel 15                                                                                                                                  | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   |
| Scheurlengte individuele plaat                            | L <sub>s</sub>                    | [m]                  | Individuele blokbreedte minus 0,20 m overlap                                                                                                        | 1,84  | 1,84  | 1,84  | 1,84  | 1,84  |
| Maximaal toelaatbare buigtrekspanning                     | σ <sub>b,max</sub>                | kN/m <sup>2</sup>    | Voor betonklasse C20/C25                                                                                                                            | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  |
| Maximaal toelaatbare schuifspanning                       | τ <sub>max</sub>                  | kN/m <sup>2</sup>    | Voor betonklasse C20/C25                                                                                                                            | 330   | 330   | 330   | 330   | 330   |
| Tussenresultaten                                          |                                   |                      |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                              | Parameter                         | Eenheid              | Toelichting                                                                                                                                         | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Waterdiepte voor kade                                     | h <sub>haven</sub>                | [m]                  | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 |
| Golfhoogte die overschreden wordt door 0,1% van de golven | H <sub>0,1%</sub>                 | [m]                  | Ref. III, Bijlage 1                                                                                                                                 | 2,57  | 2,57  | 2,57  | 2,77  | 2,77  |
| Golfhoogte diepte gelimiteerd                             | H <sub>gelimiteerd</sub>          | [m]                  | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 6,09  | 6,09  | 6,09  | 6,09  | 6,09  |
| Golflengte op diep water                                  | L <sub>0,p</sub>                  | [s]                  | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 96,7  | 96,7  | 96,7  | 96,7  | 96,7  |
| Brekerparameter                                           | ξ <sub>0,p</sub>                  | [-]                  | Ref. I, Formule (1)                                                                                                                                 | 1,53  | 1,53  | 1,53  | 1,48  | 1,48  |
| Relatieve dichtheid beton                                 | Δ                                 | [-]                  | Formule 1.                                                                                                                                          | 1,34  | 1,34  | 1,34  | 1,34  | 1,34  |
| Verhouding tussend <sub>s</sub> en H <sub>0,1%</sub>      | d <sub>g</sub> /H <sub>0,1%</sub> | [-]                  | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,65  | 0,65  |
| Snijpunt van het stijghoogtefront                         | d <sub>s</sub>                    | [m]                  | -                                                                                                                                                   | 1,80  | 1,80  | 1,80  | 1,80  | 1,80  |
| Verhouding tussen ϕ <sub>b</sub> en H <sub>0,1%</sub>     | ϕ <sub>b</sub> /H <sub>0,1%</sub> | [-]                  | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 1,20  | 1,20  | 1,20  | 1,15  | 1,15  |
| Stijghoogte onder de aankomende golftop                   | ϕ <sub>b</sub>                    | [m]                  | -                                                                                                                                                   | 3,09  | 3,09  | 3,09  | 3,19  | 3,19  |
| Helling van het stijghoogtefront                          | tan β                             | [-]                  | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 1,10  | 1,10  | 1,10  | 1,05  | 1,05  |
| Relatieve dikte toplaag                                   | ΔD                                | [m]                  | -                                                                                                                                                   | 0,62  | 0,62  | 0,62  | 0,62  | 0,62  |
| Maximale belastinglengte                                  | L <sub>max</sub>                  | [m]                  | Ref. I, Figuur A2                                                                                                                                   | 4,1   | 4,1   | 4,1   | 4,2   | 4,2   |
| Maximale opwaartse kracht                                 | S <sub>max</sub>                  | [m]                  | Ref. I, Figuur A3                                                                                                                                   | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 1,25  |
| Belastinglengte                                           | L <sub>element</sub>              | [m]                  | Belasting kan maximaal optreden op elementlengte L <sub>s</sub> . Als L <sub>max</sub> > L <sub>s</sub> , dan L <sub>element</sub> = L <sub>s</sub> | 1,84  | 1,84  | 1,84  | 1,84  | 1,84  |
| Correctiefactor voor buigtrekspanning                     | r <sub>f,bt</sub>                 | [-]                  | Ref. I, Figuur 23 (gebruik L <sub>element</sub> )                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Correctiefactor voor schuifspanning                       | r <sub>f,schuif</sub>             | [-]                  | Ref. I, Figuur 23 (gebruik L <sub>element</sub> )                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Resultaten                                                |                                   |                      |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |       |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Plaatbekleding**

Pagina: 3 of 5

| Beschrijving                       | Parameter           | Eenheid              | Beschrijving        | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Optredende buigtrekspanning        | $\sigma_b$          | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, Formule (6) | 100,6 | 100,6 | 100,6 | 100,6 | 100,6 |
| Optredende schuifspanning          | $\tau$              | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, Formule (7) | 12,6  | 12,6  | 12,6  | 12,6  | 12,6  |
| Veiligheidsfactor buigtrekspanning | $\gamma_{\sigma b}$ | [-]                  | Formule 2.          | 9,9   | 9,9   | 9,9   | 9,9   | 9,9   |
| Veiligheidsfactor schuifspanning   | $\gamma_{\tau}$     | [-]                  | Formule 3.          | 26,3  | 26,3  | 26,3  | 26,3  | 26,3  |



# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Plaatbekleding**

Pagina: 4 of 5

| Input                                                     |                                   |                   |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |        |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Beschrijving                                              | Parameter                         | Eenheid           | Toelichting                                                                                                                                         | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-010 |
| Gravitatieversnelling                                     | g                                 | [m/s²]            | Algemene waarde                                                                                                                                     | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81   |
| Ontwerp waterstand                                        | MHW                               | [m + NAP]         | Ref. III, Tabel 4                                                                                                                                   | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15   |
| Significante golfhoogte                                   | H <sub>s</sub>                    | [m]               | Ref. III, Tabel 3                                                                                                                                   | 1,54  | 1,54  | 1,04  | 1,04  | 0,98   |
| Bodemniveau haven                                         | d <sub>haven</sub>                | [m + NAP]         | Ref. III, §5.6                                                                                                                                      | -5,0  | -5,0  | -5,0  | -5,0  | -5,0   |
| Golf piekperiode                                          | T <sub>p</sub>                    | [s]               | Ref. II, Tabel 3                                                                                                                                    | 7,87  | 7,87  | 7,87  | 7,87  | 7,87   |
| Taludhelling                                              | tan α                             | [-]               | Ref. III, Tabel 12                                                                                                                                  | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,40   |
| Soortelijk gewicht zeewater                               | ρ <sub>w</sub>                    | [kg/m³]           | Ref. III, Tabel 4                                                                                                                                   | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  | 1025   |
| Soortelijk gewicht beton                                  | ρ <sub>b</sub>                    | [kg/m³]           | Ref. III, Tabel 13                                                                                                                                  | 2400  | 2400  | 2400  | 2400  | 2400   |
| Dikte van de top laag                                     | D                                 | [m]               | Blokdikte                                                                                                                                           | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46   |
| Lek lengte                                                | Λ                                 | [m]               | Ref. III, Tabel 15                                                                                                                                  | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0    |
| Scheurlengte individuele plaat                            | L <sub>s</sub>                    | [m]               | Individuele blokbreedte minus 0,20 m overlap                                                                                                        | 1,61  | 1,61  | 1,61  | 1,61  | 1,15   |
| Maximaal toelaatbare buigtrekspanning                     | σ <sub>b,max</sub>                | kN/m <sup>2</sup> | Voor betonklasse C20/C25                                                                                                                            | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000   |
| Maximaal toelaatbare schuifspanning                       | τ <sub>max</sub>                  | kN/m <sup>2</sup> | Voor betonklasse C20/C25                                                                                                                            | 330   | 330   | 330   | 330   | 330    |
| Tussenresultaten                                          |                                   |                   |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |        |
| Beschrijving                                              | Parameter                         | Eenheid           | Toelichting                                                                                                                                         | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10  |
| Waterdiepte voor kade                                     | h <sub>haven</sub>                | [m]               | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15  |
| Golfhoogte die overschreden wordt door 0,1% van de golven | H <sub>0,1%</sub>                 | [m]               | Ref. III, Bijlage 1                                                                                                                                 | 2,77  | 2,77  | 1,87  | 1,87  | 1,76   |
| Golfhoogte diepte gelimiteerd                             | H <sub>gelimiteerd</sub>          | [m]               | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 6,09  | 6,09  | 6,09  | 6,09  | 6,09   |
| Golflengte op diep water                                  | L <sub>0,p</sub>                  | [s]               | Ref. I, §3.4                                                                                                                                        | 96,7  | 96,7  | 96,7  | 96,7  | 96,7   |
| Brekerparameter                                           | ξ <sub>0,p</sub>                  | [-]               | Ref. I, Formule (1)                                                                                                                                 | 1,69  | 1,69  | 2,05  | 2,05  | 2,96   |
| Relatieve dichtheid beton                                 | Δ                                 | [-]               | Formule 1.                                                                                                                                          | 1,34  | 1,34  | 1,34  | 1,34  | 1,34   |
| Verhouding tussend <sub>s</sub> en H <sub>0,1%</sub>      | d <sub>s</sub> /H <sub>0,1%</sub> | [-]               | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 0,70  | 0,70  | 0,95  | 0,95  | 1,30   |
| Snijpunt van het stijghoogtefront                         | d <sub>s</sub>                    | [m]               | -                                                                                                                                                   | 1,94  | 1,94  | 1,78  | 1,78  | 2,29   |
| Verhouding tussen φ <sub>b</sub> en H <sub>0,1%</sub>     | φ <sub>b</sub> /H <sub>0,1%</sub> | [-]               | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 1,20  | 1,20  | 1,45  | 1,45  | 1,70   |
| Stijghoogte onder de aankomende golftop                   | φ <sub>b</sub>                    | [m]               | -                                                                                                                                                   | 3,33  | 3,33  | 2,71  | 2,71  | 3,00   |
| Helling van het stijghoogtefront                          | tan β                             | [-]               | Ref. I, Figuur 16                                                                                                                                   | 1,00  | 1,00  | 1,25  | 1,25  | 1,30   |
| Relatieve dikte top laag                                  | ΔD                                | [m]               | -                                                                                                                                                   | 0,62  | 0,62  | 0,62  | 0,62  | 0,62   |
| Maximale belastinglengte                                  | L <sub>max</sub>                  | [m]               | Ref. I, Figuur A2                                                                                                                                   | 3,5   | 3,5   | 2,8   | 2,8   | 2,0    |
| Maximale opwaartse kracht                                 | S <sub>max</sub>                  | [m]               | Ref. I, Figuur A3                                                                                                                                   | 1,45  | 1,45  | 1,25  | 1,25  | 1,50   |
| Belastinglengte                                           | L <sub>element</sub>              | [m]               | Belasting kan maximaal optreden op elementlengte L <sub>s</sub> . Als L <sub>max</sub> > L <sub>s</sub> , dan L <sub>element</sub> = L <sub>s</sub> | 1,61  | 1,61  | 1,61  | 1,61  | 1,15   |
| Correctiefactor voor buigtrekspanning                     | r <sub>fbt</sub>                  | [-]               | Ref. I, Figuur 23 (gebruik L <sub>element</sub> )                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0    |
| Correctiefactor voor schuifspanning                       | r <sub>fshuif</sub>               | [-]               | Ref. I, Figuur 23 (gebruik L <sub>element</sub> )                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0    |
| Resultaten                                                |                                   |                   |                                                                                                                                                     |       |       |       |       |        |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Plaatbekleding**

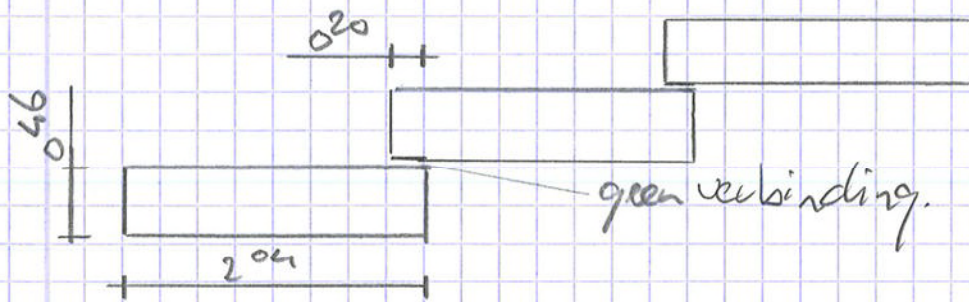
Pagina: 5 of 5

| Beschrijving                       | Parameter     | Eenheid              | Beschrijving        | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
|------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Optredende buigtrekspanning        | $\sigma_b$    | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, Formule (6) | 89,3  | 89,3  | 77,0  | 77,0  | 47,1  |
| Optredende schuifspanning          | $\tau$        | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, Formule (7) | 12,8  | 12,8  | 11,0  | 11,0  | 9,4   |
| Veiligheidsfactor buigtrekspanning | $\gamma_{ob}$ | [-]                  | Formule 2.          | 11,2  | 11,2  | 13,0  | 13,0  | 21,2  |
| Veiligheidsfactor schuifspanning   | $\gamma_r$    | [-]                  | Formule 3.          | 25,9  | 25,9  | 30,0  | 30,0  | 35,0  |

## **Bijlage 6    Wapeningsberekening getrapte bekleding**

# Trap bekleding op dijk

twee opties : - in het veld gestort  
- prefab



Belastingen :

Gebruiks fase 1ge golfbelasting :

- buigtekspanning ; max =  $0,851 \text{ N/mm}^2$
- schuifspanning ; max =  $0,04626 \text{ N/mm}^2$

Op basis van de gebruiks belasting is voor zowel een prefab uitvoering als een in het veld gestort geen wapening benodigd want :

minimale beton kwaliteit  $C_{20/25}$   
treksterkte :  $f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \times f_{ctk_{0,05}}}{\gamma_c}$   
$$= \frac{1,0 \times 1,5}{1,5} = 1,0 \text{ N/mm}^2$$

schuifspanning :  $V_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \sqrt{f_{ctd}}$

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{460}} = 1,66$

$V_{min} = 0,035 \times 1,66^{3/2} \sqrt{20} = 0,33 \text{ N/mm}^2$



$$u \cdot c_1 = 0,851 / 1,0 = 0,851 \leq 1,0 \text{ acc}$$

$$u \cdot c_2 = 0,046 / 0,33 = 0,14 \leq 1,0 \text{ acc}$$

Conclusie : op basis van de gebruiksbelasting is geen verpening benodigd.  
onafhankelijk van uitvoeringswijze  
Minimale betonkwaliteit  $C^{20/25}$

Uitvoeringswijze in het werk gestort :

Daar de platen worden gestort op de ondergrond (klei / zand) zal tijdens de krimp trekspanningen gaan ontstaan aan de bovenzijde van de plaat vanwege de wrijvingsweerstand met de ondergrond.

Bepaling krimp :

$$f_{cm} = 28 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{min } C^{20/25})$$

$$b = 3000 \text{ mm}$$

$$h = 460 \text{ mm}$$

$$RH = 80\%$$

$$\beta_{fcm} = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = 3,17$$

$$h_0 = \frac{2 \times A_c}{u} = \frac{2 \times 3000 \times 460}{2 \times (3000 + 460)} = 399$$

$$t_0 = 28 \text{ dagen (conservatief)}$$

$$\beta_{t_0} = 0,488$$

$$\alpha_1 = 1,169$$

$$\alpha_2 = 1,046$$

$$\alpha_3 = 1,118$$



$$\beta_H = 1,5 \left[ 1 + (0,012 \times 80)^{1,0} \right] \times 399 + 250 \leq 1500$$

$$= 840,4$$

$$\beta_c(\infty, 20) = 1,0$$

$$\alpha_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \right] = 1,27$$

$$\varphi_0 = \alpha_{RH} \times \beta_{RH} \times \beta_{to} = 1,97 \quad (\text{Krimp bij } t = \infty)$$

Krimpverlating volgens NEN-EN 1992-1-1 art 3.1.4.

$$E = 2,0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$\omega_{ds1} = 4 \quad (\text{cementklasse II})$$

$$\omega_{ds2} = 0,12$$

$$RH = 80\%$$

$$RH_0 = 100\%$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[ 1 - \left( \frac{80}{100} \right)^3 \right] = 0,756$$

$$E_{cda} = 0,85 \left[ (220 + 110 \times 4) \times e^{(-0,12 \times \frac{20}{10})} \right] \times 10^{-6} \times 0,756$$

$$= 3,03 \times 10^{-4}$$

$$h_0 = 399 \leadsto k_n = 0,725$$

$$E_{cd} = E_{cda} \times k_n = 2,27 \times 10^{-4}$$

$$E_{ca, \max} = 2,5 \times (20 - 10) \times 10^{-6}$$

$$= 2,5 \times 10^{-5}$$

$$E_{cs} = 2,52 \times 10^{-4}$$



optrekkende spanning (trek)

$$G = E \times \epsilon_{cs} \times k_{\phi}$$

$$k_{\phi} = \frac{1 - e^{-\phi}}{\phi} = 0,437$$

$$G = 2 \times 10^5 \times 2,52 \times 10^{-4} \times 0,437 = 22 \text{ N/mm}^2$$

→ beton gaat scheuren

Toepassen minimale wapening.

$$\rho_{min} = 0,0013 \quad (C^{20/25})$$

dekkings 60 mm

staaf  $\phi 10$

$$d = 460 - 60 - 5 = 395 \text{ mm}$$

$$A_{smin} = 0,0013 \times 1,0 \times 0,395 \times 10^6 = 515 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Toepassen  $\phi 10-150$  bto //

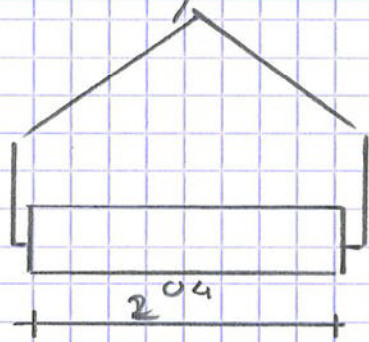


Uitvoeringswijze prefabs

betonblok  $2,04 \times 2,0 \times 0,46$  wordt ontlest  
en getransporteerd / hijsen bij een minimale  
betonkwaliteit C20/25

maximale spanningen in het blok ontstaan  
tijdens het hijsen.

Het hijsen zal geschieden met een hijskleem



Er wordt conservatief gerekend met een  
veiligheidsfactor van 2,0 op het gewicht  
van het blok tijdens het hijsen.

Optredende spanningen in plaat

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \times (25 \times 0,46 \times 2,0) \times 2,04^2 \\ = 12 \text{ kNm/m}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times (25 \times 0,46 \times 2,0) \times 2,04 \\ = 23,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{buigtrekspanning} = \frac{12 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 1000 \times 460^2} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{schuifspanning} = \frac{23,5 \times 10^3}{1000 \times 460} = 0,051 \text{ N/mm}^2$$



$$u.c. \textcircled{1} = 0,34/1,0 = 0,34 \leq 1,0 \quad \text{acc}$$

$$u.c. \textcircled{2} = 0,051/0,32 = 0,15 < 1,0 \quad \text{acc}$$

Conclusie: IGV transport / hise en  
ontkisten is geen wapening  
benodigd bij een minimale  
betonkwaliteit  $C^{20/25}$

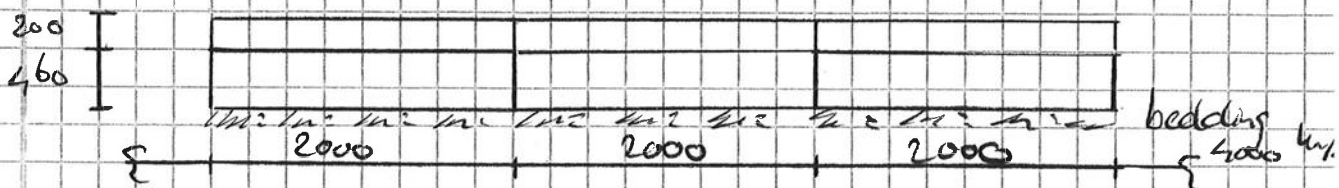
Resume: prefab balk  $\rightarrow$  geen wapening  
in het werk gestort:  $\phi 10-150$   
in krimp b to #

## **Bijlage 7    Wapeningsberekening kruinblok**

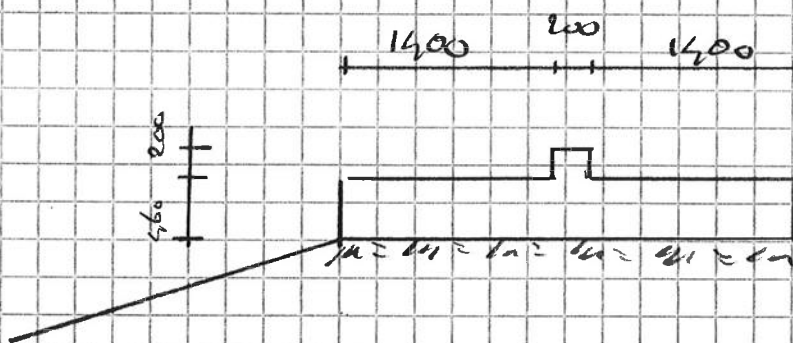


paublok op kruin

Langdoorsnede



Dwaarsdoorsnede



Betonkwaliteit hysen / transport : min C20/25

Betonkwaliteit gebouwd fase : C35/45

Gevolgklasse bouw / eindf : CC 1

milieu-klasse : XC4 / XD3 / XS3 : C<sub>toe</sub> = 60 mm  
XF2

$$C_{toe} = 45 + 5 + 5 = 55 \rightarrow 60$$

$$5 \cdot 4 + 2 \cdot 1 = 55$$

plan periode 100 jaar  $\sim f_m$ ; beton = 1,032

$$w_k = 0,20 \text{ mm}$$

bedding ondergrond dik:  $k_{rep} = 4000 \text{ kn/m}^2$

$$k_{hoog} = 4000 \times \sqrt{2} = 5600 \text{ kn/m}^2$$

$$k_{laag} = \frac{4000}{\sqrt{2}} = 2800 \text{ kn/m}^2$$

Belastingen:

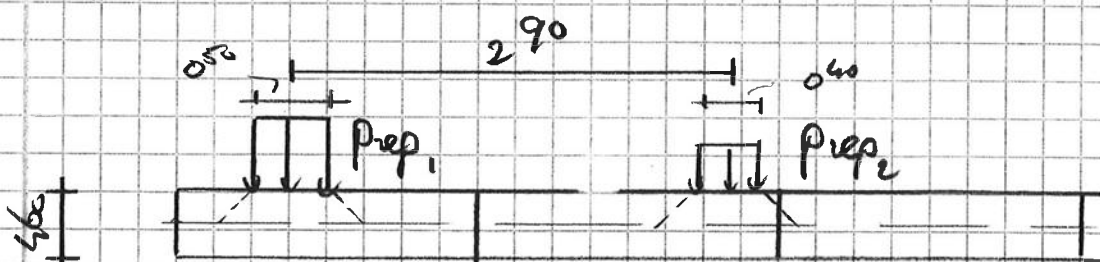
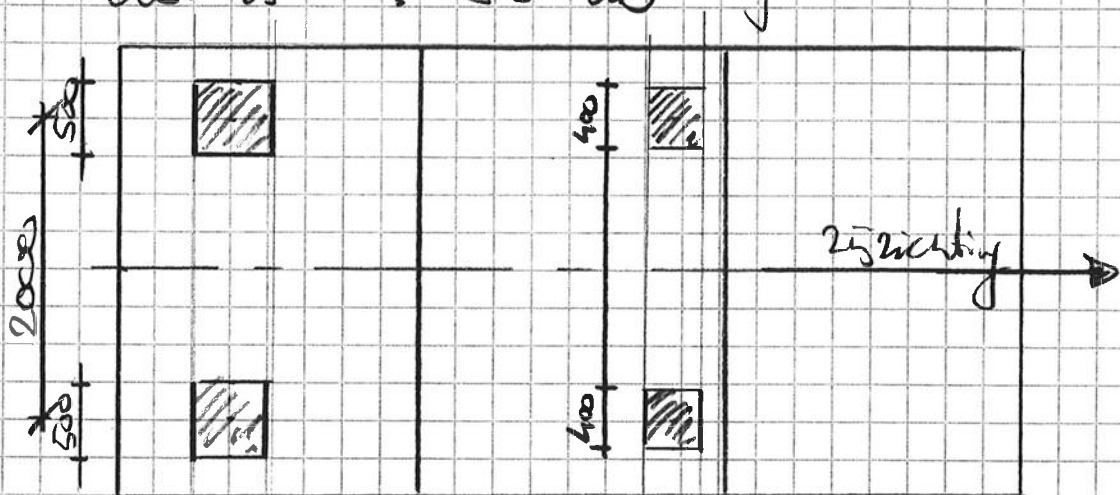
- Eigen gewicht

- Verkeersbelasting

a)  $p_{rep} = 12 \text{ kn/m}^2$  of

b) as laster tractor  $G \leq 14 \text{ ton}$

achter as:  $84 \text{ kn}$   
 vooras:  $56 \text{ kn}$  }  $\text{afstn} = 1,40$



Na spreiding tot hart betonplaat.

$$Prep_1 = \frac{84 \times 1,40 \times 0,5}{0,96 \times 0,96} = 64 \text{ kn/m}^2$$

$$Prep_2 = \frac{56 \times 1,4 \times 0,5}{0,86 \times 0,86} = 53 \text{ kn/m}^2$$

temperatuur.  
conform Ruk 1.3

jaarlijkse temperatuur (open gedeelte tunnel)

zomer :            bovenzijde         $+20^{\circ}\text{C}$   
                      grondzijde         $-2^{\circ}\text{C}$

winter :            bovenzijde         $-30^{\circ}\text{C}$   
                      Grondzijde         $-12^{\circ}\text{C}$

Dagelijks :         $-8^{\circ}\text{C}$  /  $+20^{\circ}\text{C}$  (bovenzijde)

Maximaal optredende sneedekrachten

$M_{\text{kd}}^{+} = 21 \text{ kNm/m}$         ( $SLS = 14 \text{ kNm/m}$ )  
 $M_{\text{gd}}^{+} = 11 \text{ kNm/m}$         ( $7 \text{ kNm/m}$ )  
 $M_{\text{kd}}^{-} = 12 \text{ kNm/m}$         ( $8 \text{ kNm/m}$ )  
 $M_{\text{gd}}^{-} = 3 \text{ kNm/m}$         ( $2 \text{ kNm/m}$ )

$U_{\text{ED1}} = 25 \text{ kN/m}$



Bepaling krimp factor conform  
NEN-EN 1992-1-1 (bijlage 6)

$$f_{cm} = 43 \text{ N/mm}^2 \quad (C 35/45)$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 460 \text{ mm}$$

$$RH = 80\%$$

$$\beta_{f_{cm}} = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2,56$$

$$h_0 = \frac{2 \times A_c}{u} = \frac{2 \times (1000 \times 460)}{2 \times (1000 + 460)} = 315 \text{ mm}$$

$$t_0 = 28 \text{ dagen (conserve-tief)}$$

$$\beta_{t_0} = \frac{1}{0,1 + \frac{t_0}{90}} = 0,480$$

$$\alpha_1 = \left( \frac{35}{43} \right)^{0,7} = 0,866$$

$$\alpha_2 = \left( \frac{35}{43} \right)^{0,2} = 0,960$$

$$\alpha_3 = \left( \frac{35}{43} \right)^{0,5} = 0,902$$

$$\begin{aligned} \beta_H &= 1,5 \left[ 1 + (0,012 RH)^{10} \right] \times h_0 + 250 \alpha_3 \leq \alpha_3 \times 1500 \\ &= 699,1 + (250 \times 0,902) = 924,6 \leq 1350 \end{aligned}$$

$$\beta_H = 924,6$$

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3} = 1,0$$

$$t = \infty$$

$$t_0 = 28$$

$$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \times \alpha_1 \right] \times \alpha_2 = 1,204$$

$$\phi_0 = \phi_{RH} \times \beta_{(f_{cm})} \times \beta_{(t_0)} = 1,505$$

$$\begin{aligned} \phi_{(\infty, 20)} &= \phi_0 \times \beta_{c_{(\infty, 20)}} \\ &= 1,505 \times 1,0 = 1,505 \quad (\text{limiet bij } t = \infty) \end{aligned}$$

Bepaling krimpverlenging volgens NEN-EN 1992-1-1 art. 3.1.4

$$E = 2,0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

Uitdrogingskrimp conform NEN EN 1991-1-1, bijlage 6

$$f_{cm0} = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$\omega_{ds1} = 4 \quad (\text{aanethelase n})$$

$$\omega_{ds2} = 0,12$$

$$RH = 80\%$$

$$RH_0 = 100\%$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[ 1 - \left( \frac{80}{100} \right)^3 \right] = 0,756$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{cd0} &= 0,85 \left[ (220 + 110 \times 4) \times e^{(-0,12 \times \frac{4^3}{10})} \right] \times 10^{-6} \times 0,756 \\ &= 2,53 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$h_0 = 315 \leadsto k_h = 0,75 \quad (\text{tabel 3.3})$$

$$\epsilon_{cd, \max} = 1,90 \times 10^{-4} \quad (\text{totale uitdrogingskrimp})$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{ca, \max} &= 2,5 \times (f_{ct} - 10) \times 10^{-6} \\ &= 6,25 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\text{totale krimpverlating} = 2,525 \times 10^{-4}$$

Omdat de krimp in de tijd langzaam optreedt en het effect van krimp en relaxatie dit effect reduceert, wordt krimp gereduceert met de relaxatie vergelijking van troost.

Uniforme temp. verlating conform ROK 1.3 open gedeelte in de winter :

$$\Delta T = 9 \text{ K}$$

$$\epsilon_{\text{temp}} = 9 \times 10^{-5}$$

$$\psi = 1,505$$

$$k_{\psi} = \frac{1 - e^{-\psi}}{\psi} = 0,57$$

$$G = E \times \epsilon_{\text{tot, krimp}} \times k_{\psi} + E \times \epsilon_{\text{temp}}$$

$$= (2,0 \times 10^5 \times 2,525 \times 10^{-4} \times 0,57) + (2,0 \times 10^5 \times 9 \times 10^{-5})$$

$$G_s = 26,11 + 18 = 44,11 \text{ N/m}^2 \text{ f.u. verhinderde vervorming}$$

Optredende staalspanning  $\sigma_{10-150}$  bij frequente combinatie =  $74 \text{ N/mm}^2$

$$\text{totale staalspanning} = 74 + 46,11 = 120 \text{ N/mm}^2$$

Volgens tabel 7.3 N van NEN-EN 1992-1-1 geldt voor een staalspanning van max  $160 \text{ N/mm}^2$  en een  $h_{\text{eff}} = 0,20 \text{ m}$  een maximale steef-afstand van  $200 \text{ mm}$   $160 \text{ N/mm}^2 > 120 \text{ N/mm}^2$

conclusie : scheurvrije veldvloer  $\sigma_{10-150}$   
Veldvloer



centerklasse u  
way B500 B

25/10 Plant

6 to 150

1108-150

258

460

200

283

## 1. Project

|                                           |                              |
|-------------------------------------------|------------------------------|
| Licentienaam                              | Onbekend                     |
| Project                                   | Den Oever                    |
| Onderdeel                                 | Betonblok op kruin           |
| Omschrijving                              | krachtsverdeling gebuiksfase |
| Auteur                                    | BG                           |
| Datum                                     | 05. 12. 2016                 |
| Constructie                               | Algemeen XYZ                 |
| Aantal knopen :                           | 12                           |
| Aantal staven :                           | 0                            |
| Aantal platen :                           | 3                            |
| Aantal vaste lichamen :                   | 0                            |
| Aantal gebruikte doorsneden :             | 0                            |
| Aantal belastingsgevallen :               | 6                            |
| Aantal gebruikte materialen :             | 1                            |
| Gravitatieversnelling [m/s <sup>2</sup> ] | 9,810                        |
| Nationale norm                            | EC - EN                      |

## 2. Instellingen net

|                                                                                          |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Naam                                                                                     | NetInstelling1 |
| Genereren vooraf gedefinieerd net                                                        | ✓              |
| Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte                      | x              |
| Generatie van knopen op staven                                                           | ✓              |
| Generatie van knopen bij puntlasten op staven                                            | ✓              |
| Zwevende knopen voor voorspanning                                                        | ✓              |
| Elastisch net                                                                            | ✓              |
| Pas automatische netverfijning toe                                                       | x              |
| Verdeling op consoles en variabele staven                                                | 5              |
| Verdeling voor 2D-1D upgrade                                                             | 50             |
| Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element                                              | 1              |
| Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [m]                                    | 0,050          |
| Minimum lengte van staafelement [m]                                                      | 0,100          |
| Maximum lengte van staafelement [m]                                                      | 1000,000       |
| Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [m] | 0,050          |
| Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]                                 | 30,0           |
| Verh. voorgedefinieerd net                                                               | 1.5            |
| Minimum afstand tussen twee punten [m]                                                   | 0.001          |
| Gemiddelde afmeting van paneelelement [m]                                                | 1,000          |
| Netverfijning volgens het liggertype                                                     | Geen           |
| Definitie van netelementen afmetingen voor panelen                                       | Handmatig      |



### 3. Instellingen solver

|                                                                                |              |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Naam                                                                           | SolverSetup1 |
| Negeer dwarskrachtvervormingen ( Ay, Az >> A )                                 | X            |
| Print tijd in Calculatie Protocol                                              | ✓            |
| Aantal diktes van plaatrib                                                     | 20           |
| Maximumaantal bodeminteractie-iteraties                                        | 10           |
| Aantal sneden op gemiddelde staaf                                              | 10           |
| Stap voor grond/waterdruk [m]                                                  | 0,500        |
| C1x [MN/m <sup>3</sup> ]                                                       | 1,0000e-01   |
| C1y [MN/m <sup>3</sup> ]                                                       | 1,0000e-01   |
| C1z [MN/m <sup>3</sup> ]                                                       | 1,0000e+01   |
| C2x [MN/m]                                                                     | 5,0000e+00   |
| C2y [MN/m]                                                                     | 5,0000e+00   |
| Wapeningscoëfficiënt                                                           | 1            |
| Waarschuwing als de maximale translatie groter is dan [mm]                     | 1000,0       |
| Waarschuwing als de maximale rotatie groter is dan [mrad]                      | 100,0        |
| Parallelisme tolerantie voor automatische calculatie [deg]                     | 10,00        |
| Overspanningslengte ratio L/beff,max (1 kant) voor automatische calculatie [-] | 8,00         |
| Enkelvoudig opgelegde ligger [-]                                               | 1,00         |
| Inwendige overspanning [-]                                                     | 0,70         |
| Eind overspanning [-]                                                          | 0,85         |
| Uitkraging [-]                                                                 | 2,00         |
| Grond combinatie                                                               | Geen         |
| Buigtheorie van plaat/schaal berekening                                        | Mindlin      |
| Type solver                                                                    | Direct       |

## 4. Inhoudsopgave

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. Project                                                 | 1  |
| 2. Instellingen net                                        | 1  |
| 3. Instellingen solver                                     | 2  |
| 4. Inhoudsopgave                                           | 3  |
| 5. Materialen                                              | 4  |
| 6. Beddingen                                               | 4  |
| 7. Rekenmodel                                              | 4  |
| 8. Knopen                                                  | 4  |
| 9. 2D-elementen                                            | 4  |
| 10. Integratiestrook                                       | 5  |
| 11. Knoopondersteuning                                     | 5  |
| 12. 2D elementondersteuning                                | 5  |
| 13. Belastingsgevallen                                     | 5  |
| 13.1. Belastingsgevallen - BG1                             | 5  |
| 13.1.1. Visualisatie belasting                             | 6  |
| 13.2. Belastingsgevallen - BG2                             | 6  |
| 13.2.1. Visualisatie belasting                             | 7  |
| 13.2.2. Genereer vrije lasten                              | 7  |
| 13.2.3. Vrije oppervlakte last                             | 7  |
| 13.3. Belastingsgevallen - BG3a                            | 7  |
| 13.3.1. Visualisatie belasting                             | 8  |
| 13.3.2. Genereer vrije lasten                              | 8  |
| 13.3.3. Vrije oppervlakte last                             | 8  |
| 13.4. Belastingsgevallen - BG3b                            | 8  |
| 13.4.1. Visualisatie belasting                             | 9  |
| 13.4.2. Genereer vrije lasten                              | 9  |
| 13.4.3. Vrije oppervlakte last                             | 9  |
| 13.5. Belastingsgevallen - BG4a                            | 10 |
| 13.5.1. Visualisatie belasting                             | 10 |
| 13.5.2. Thermische last op 2D element                      | 10 |
| 13.6. Belastingsgevallen                                   | 10 |
| 13.6.1. Visualisatie belasting                             | 11 |
| 13.6.2. Thermische last op 2D element                      | 11 |
| 14. Combinaties                                            | 11 |
| 15. Resultaatklassen                                       | 12 |
| 16. 2D element - Interne krachten omhullende ULS           | 12 |
| 17. 2D element - Interne krachten omhullende SLS freq      | 12 |
| 18. 2D element - Interne krachten; mxD+ omhullende ULS     | 13 |
| 19. 2D element - Interne krachten; myD+ omhullende ULS     | 13 |
| 20. 2D element - Interne krachten; mxD- omhullende ULS     | 14 |
| 21. 2D element - Interne krachten; myD- omhullende ULS     | 14 |
| 22. Interne krachten in staaf; Vz in plaat, omhullende ULS | 15 |
| 23. Optredende grondspanning ULS                           | 15 |

## 5. Materialen

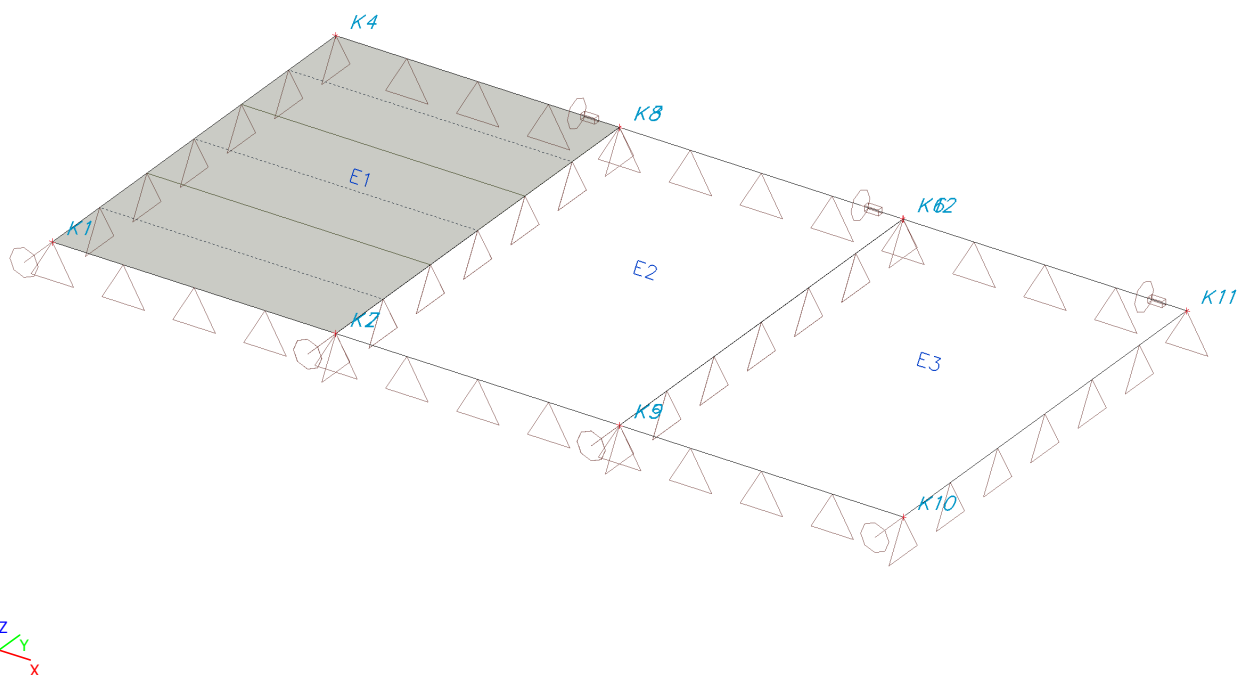
Beton EC2

| Naam   | Type  | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $E_{mod}$<br>[MPa] | $\mu$ | $\alpha$<br>[m/mK] | $f_{c,k.28}$<br>[MPa] | Kleur                                                                             |
|--------|-------|--------------------------------|--------------------|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| C35/45 | Beton | 2500,0                         | 1,0000e+04         | 0.2   | 0,00               | 35,00                 |  |

## 6. Beddingen

| Naam         | C1x<br>[MN/m <sup>3</sup> ] | C1z    | C1y<br>[MN/m <sup>3</sup> ] | Stijfheid<br>[MN/m <sup>3</sup> ] | C2x<br>[MN/m] | C2y<br>[MN/m] |
|--------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| Bedding_rep  | 0,0000e+00                  | Verend | 0,0000e+00                  | 4,0000e+00                        | 0,0000e+00    | 0,0000e+00    |
| Bedding_hoog | 0,0000e+00                  | Verend | 0,0000e+00                  | 5,6000e+00                        | 0,0000e+00    | 0,0000e+00    |
| Bedding_laag | 0,0000e+00                  | Verend | 0,0000e+00                  | 2,8000e+00                        | 0,0000e+00    | 0,0000e+00    |

## 7. Rekenmodel



## 8. Knopen

| Naam | Coördinaat X<br>[m] | Coördinaat Y<br>[m] | Coördinaat Z<br>[m] |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K1   | 0,000               | 0,000               | 0,000               |
| K2   | 2,000               | 0,000               | 0,000               |
| K3   | 2,000               | 3,000               | 0,000               |
| K4   | 0,000               | 3,000               | 0,000               |
| K5   | 4,001               | 0,000               | 0,000               |
| K6   | 4,001               | 3,000               | 0,000               |

| Naam | Coördinaat X<br>[m] | Coördinaat Y<br>[m] | Coördinaat Z<br>[m] |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K7   | 2,001               | 0,000               | 0,000               |
| K8   | 2,001               | 3,000               | 0,000               |
| K9   | 4,002               | 0,000               | 0,000               |
| K10  | 6,002               | 0,000               | 0,000               |
| K11  | 6,002               | 3,000               | 0,000               |
| K12  | 4,002               | 3,000               | 0,000               |

## 9. 2D-elementen

| Naam | Laag  | Type       | Rekenmodel | Materiaal | Dikte type | D.<br>[mm] |
|------|-------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| E1   | Laag1 | vloer (90) | Standaard  | C35/45    | constant   | 460        |
| E2   | Laag1 | vloer (90) | Standaard  | C35/45    | constant   | 460        |

| Naam | Laag  | Type       | Rekenmodel | Materiaal | Dikte type | D. [mm] |
|------|-------|------------|------------|-----------|------------|---------|
| E3   | Laag1 | vloer (90) | Standaard  | C35/45    | constant   | 460     |

## 10. Integratiestrook

| Naam | 2D-element | Effectieve breedte geometrie | Effectieve breedte definitie | Breedte (totaal) [mm] |
|------|------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| CM1  | E1         | Constant symmetrisch         | Breedte                      | 1000,0                |
| CM2  | E1         | Constant symmetrisch         | Breedte                      | 1000,0                |
| CM3  | E1         | Constant symmetrisch         | Breedte                      | 1000,0                |

## 11. Knoopondersteuning

| Naam | Knoop | Systeem | Type      | X      | Y    | Z    | Rx   | Ry   | Rz   |
|------|-------|---------|-----------|--------|------|------|------|------|------|
| Sn1  | K3    | GCS     | Standaard | Verend | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn2  | K6    | GCS     | Standaard | Verend | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn3  | K11   | GCS     | Standaard | Verend | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn6  | K10   | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn8  | K5    | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn9  | K9    | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn10 | K2    | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn11 | K7    | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |
| Sn12 | K1    | GCS     | Standaard | Vrij   | Vast | Vrij | Vrij | Vrij | Vrij |

## 12. 2D elementondersteuning

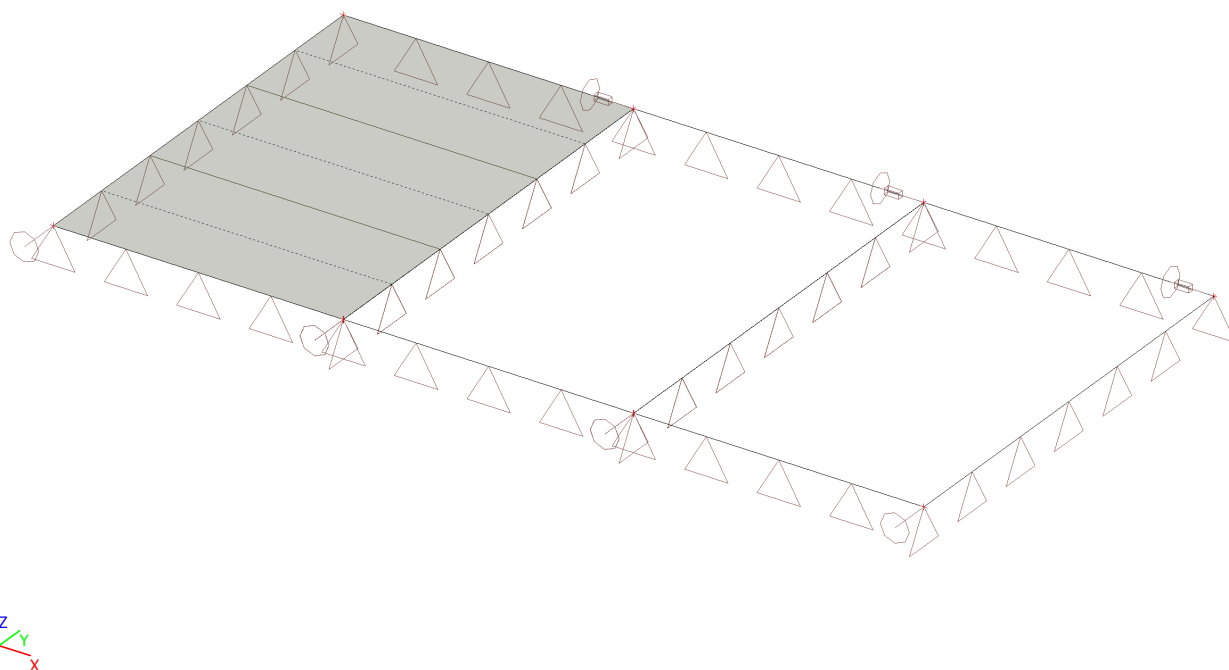
| Naam | Type        | Bedding      | 2D-element |
|------|-------------|--------------|------------|
| SS1  | Individueel | Bedding_laag | E1         |
| SS2  | Individueel | Bedding_laag | E2         |
| SS3  | Individueel | Bedding_laag | E3         |

## 13. Belastinggevallen

### 13.1. Belastinggevallen - BG1

| Naam | Omschrijving  | Actie type    | Lastgroep | Richting |
|------|---------------|---------------|-----------|----------|
|      | Spec          | Belastingtype |           |          |
| BG1  | eigen gewicht | Permanent     | LG1       | -Z       |
|      |               | Eigen gewicht |           |          |

### 13.1.1. Visualisatie belasting

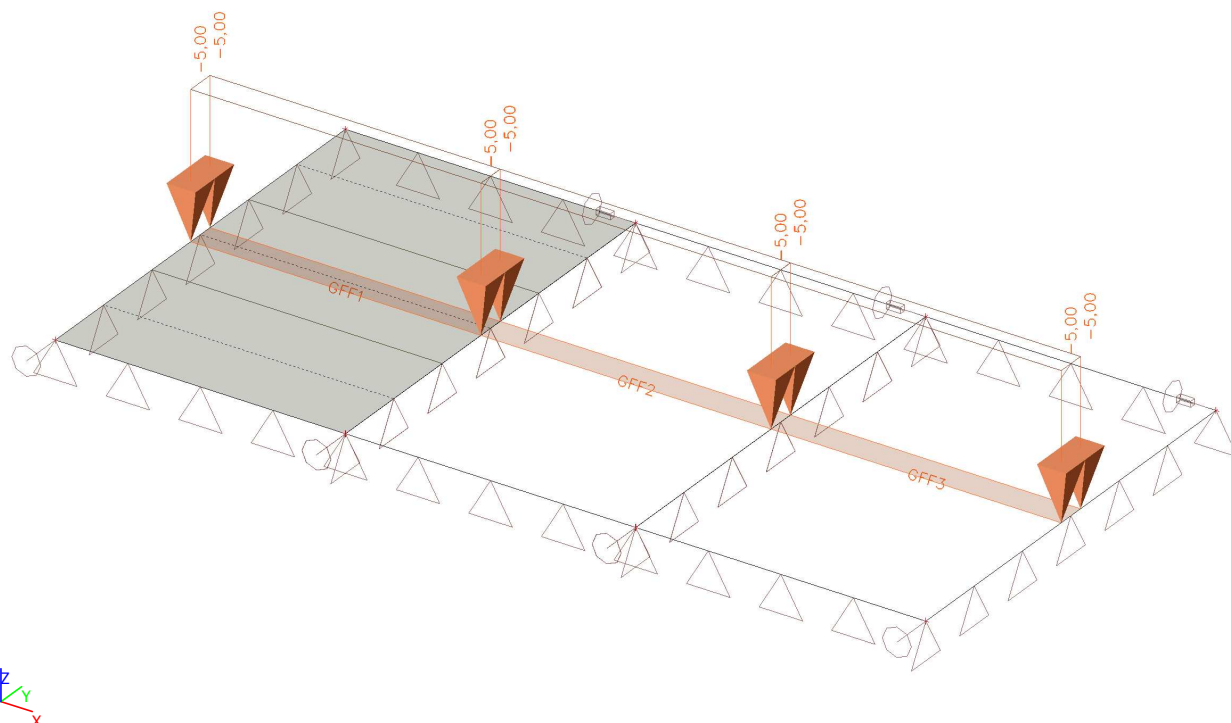


### 13.2. Belastingsgevallen - BG2

| Naam | Omschrijving<br>Spec | Actie type<br>Belastingtype | Lastgroep |
|------|----------------------|-----------------------------|-----------|
| BG2  | rustende belasting   | Permanent<br>Standaard      | LG1       |



### 13.2.1. Visualisatie belasting



### 13.2.2. Genereer vrije lasten

| Naam | Belastingsgeval          | 2D-element | Rich             | Belastingstype      | Oorspronkelijke belasting | q<br>[kN/m <sup>2</sup> ]<br>Waarde - P<br>[kN/m] | Systeem       |
|------|--------------------------|------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|---------------|
|      |                          |            | Verdeling        | Type                |                           |                                                   | Locatie       |
| GFF1 | BG2 - rustende belasting | E1         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF1                       | -5,00                                             | GCS<br>Lengte |
| GFF2 | BG2 - rustende belasting | E2         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF2                       | -5,00                                             | GCS<br>Lengte |
| GFF3 | BG2 - rustende belasting | E3         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF3                       | -5,00                                             | GCS<br>Lengte |

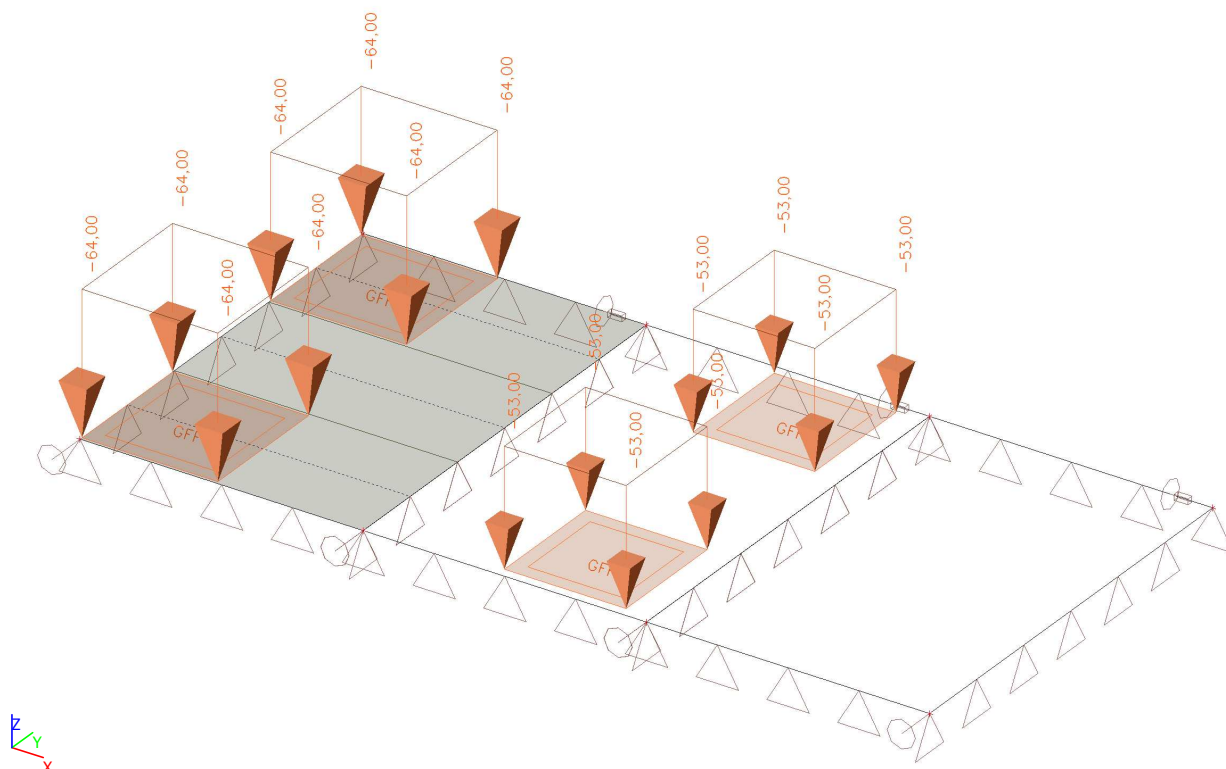
### 13.2.3. Vrije oppervlakte last

Herlezen is noodzakelijk ...

### 13.3. Belastingsgevallen - BG3a

| Naam | Omschrijving                | Actie type    | Lastgroep | Duur | 'Master'<br>belastingsgeval |
|------|-----------------------------|---------------|-----------|------|-----------------------------|
|      | Spec                        | Belastingtype |           |      |                             |
| BG3a | verkeersbelasting<br>aslast | Variabel      | LG2       | Kort | Geen                        |
|      | Standaard                   | Statisch      |           |      |                             |

### 13.3.1. Visualisatie belasting



### 13.3.2. Genereer vrije lasten

| Naam  | Belastingsgeval                 | 2D-element | Rich             | Belastingstype      | Oorspronkelijke belasting | q<br>[kN/m <sup>2</sup> ]<br>Waarde - P<br>[kN/m] | Systeem       |
|-------|---------------------------------|------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|---------------|
|       |                                 |            | Verdeling        | Type                |                           |                                                   | Locatie       |
| GFF4  | BG3a - verkeersbelasting aslast | E1         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF6                       | -64,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF7  | BG3a - verkeersbelasting aslast | E2         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF7                       | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF8  | BG3a - verkeersbelasting aslast | E2         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF8                       | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF14 | BG3a - verkeersbelasting aslast | E1         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF5                       | -64,00                                            | GCS<br>Lengte |

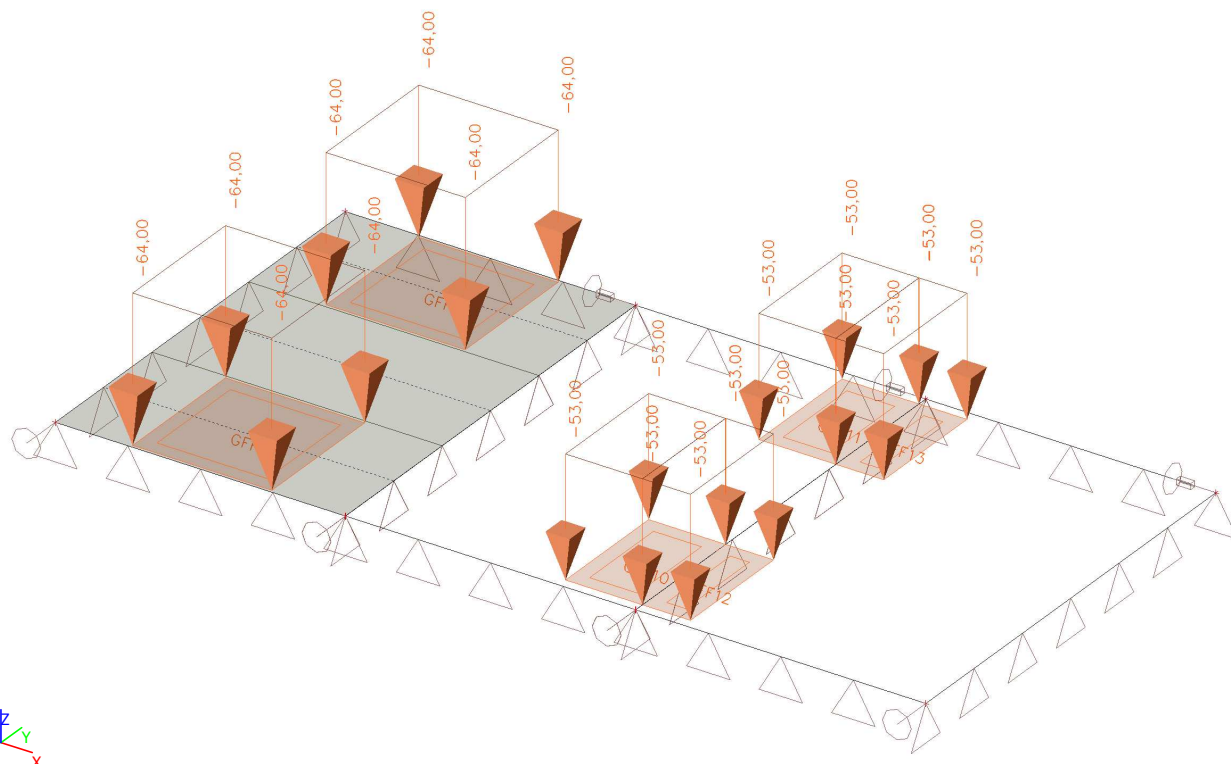
### 13.3.3. Vrije oppervlakte last

| Naam | Belastingsgeval                 | Rich | Type   | Verdeling   | q<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Geldigheid | Selecteer | Systeem | Locatie |
|------|---------------------------------|------|--------|-------------|---------------------------|------------|-----------|---------|---------|
| FF5  | BG3a - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -64,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF6  | BG3a - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -64,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF7  | BG3a - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF8  | BG3a - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |

### 13.4. Belastingsgevallen - BG3b

| Naam | Omschrijving                | Actie type    | Lastgroep | Duur | 'Master'<br>belastingsgeval |
|------|-----------------------------|---------------|-----------|------|-----------------------------|
|      | Spec                        | Belastingtype |           |      |                             |
| BG3b | verkeersbelasting<br>aslast | Variabel      | LG2       | Kort | Geen                        |
|      | Standaard                   | Statisch      |           |      |                             |

### 13.4.1. Visualisatie belasting



### 13.4.2. Genereer vrije lasten

| Naam  | Belastingsgeval                 | 2D-element | Rich             | Belastingstype      | Oorspronkelijke belasting | q<br>[kN/m <sup>2</sup> ]<br>Waarde - P<br>[kN/m] | Systeem       |
|-------|---------------------------------|------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|---------------|
|       |                                 |            | Verdeling        | Type                |                           |                                                   | Locatie       |
| GFF5  | BG3b - verkeersbelasting aslast | E1         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF10                      | -64,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF9  | BG3b - verkeersbelasting aslast | E1         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF9                       | -64,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF10 | BG3b - verkeersbelasting aslast | E2         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF11                      | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF11 | BG3b - verkeersbelasting aslast | E2         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF12                      | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF12 | BG3b - verkeersbelasting aslast | E3         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF13                      | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |
| GFF13 | BG3b - verkeersbelasting aslast | E3         | Z<br>Gelijkmatig | Oppervlak<br>Kracht | FF14                      | -53,00                                            | GCS<br>Lengte |

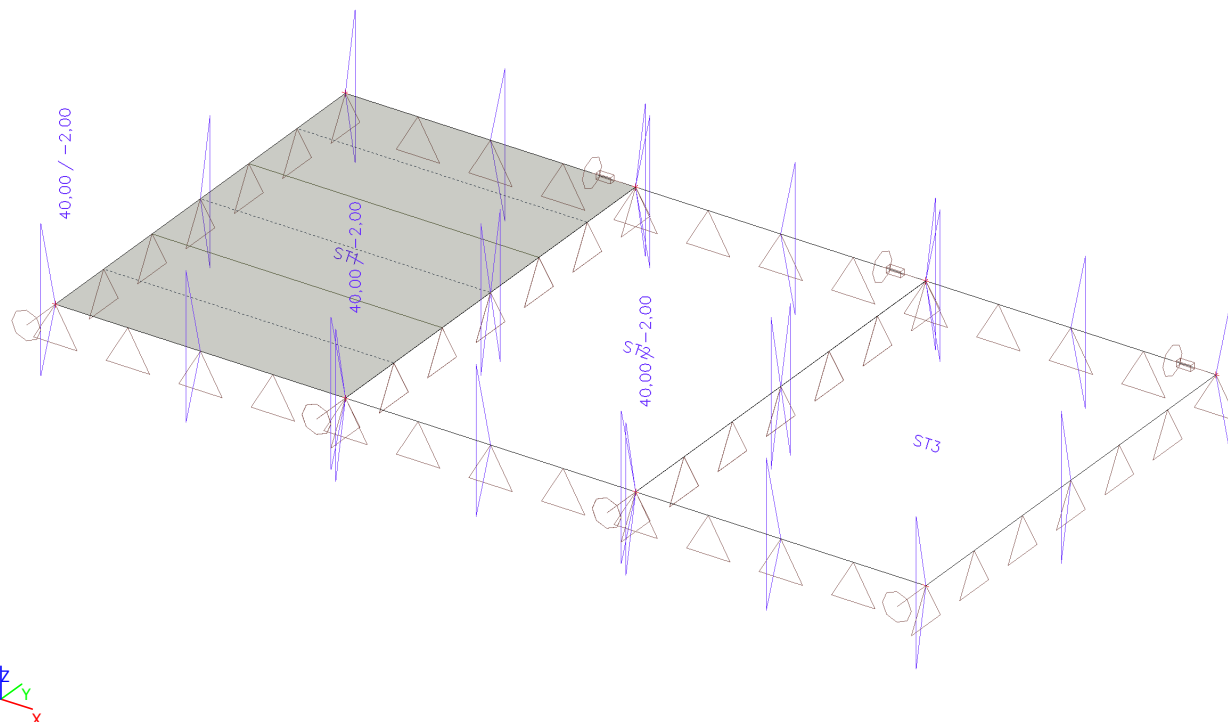
### 13.4.3. Vrije oppervlakte last

| Naam | Belastingsgeval                 | Rich | Type   | Verdeling   | q<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Geldigheid | Selecteer | Systeem | Locatie |
|------|---------------------------------|------|--------|-------------|---------------------------|------------|-----------|---------|---------|
| FF9  | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -64,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF10 | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -64,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF11 | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF12 | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF13 | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |
| FF14 | BG3b - verkeersbelasting aslast | Z    | Kracht | Gelijkmatig | -53,00                    | Alle       | Auto      | GCS     | Lengte  |

### 13.5. Belastingsgevallen - BG4a

| Naam | Omschrijving      | Actie type           | Lastgroep | Duur | 'Master' belastingsgeval |
|------|-------------------|----------------------|-----------|------|--------------------------|
|      | <b>Spec</b>       | <b>Belastingtype</b> |           |      |                          |
| BG4a | temperatuur zomer | Variabel             | LG2       | Kort | Geen                     |
|      | Standaard         | Statisch             |           |      |                          |

#### 13.5.1. Visualisatie belasting



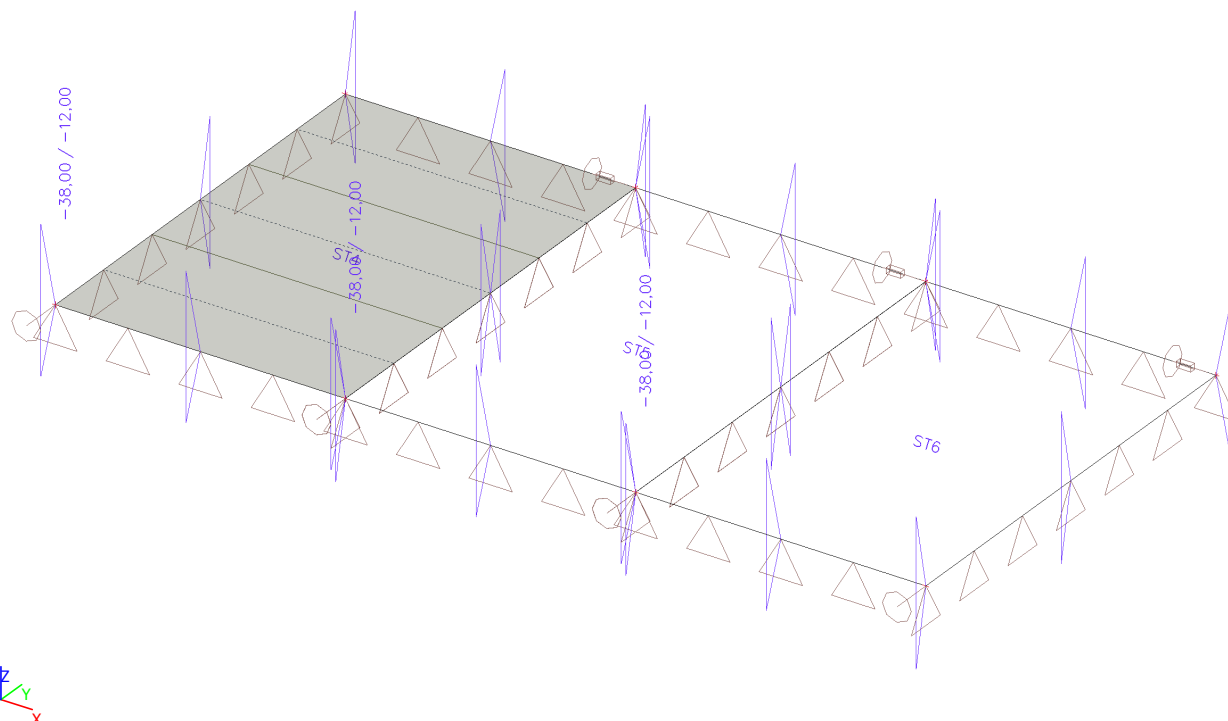
#### 13.5.2. Thermische last op 2D element

| Naam | 2D-element | Belastingsgeval          | Verdeling | +z - Boven delta [K] | -z - Onder delta [K] |
|------|------------|--------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| ST1  | E1         | BG4a - temperatuur zomer | Lineair   | 40,00                | -2,00                |
| ST2  | E2         | BG4a - temperatuur zomer | Lineair   | 40,00                | -2,00                |
| ST3  | E3         | BG4a - temperatuur zomer | Lineair   | 40,00                | -2,00                |

### 13.6. Belastingsgevallen

Wachten op herlezen

### 13.6.1. Visualisatie belasting



### 13.6.2. Thermische last op 2D element

| Naam | 2D-element | Belastingsgeval           | Verdeling | +z - Boven delta [K] | -z - Onder delta [K] |
|------|------------|---------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| ST4  | E1         | BG4b - temperatuur winter | Lineair   | -38,00               | -12,00               |
| ST5  | E2         | BG4b - temperatuur winter | Lineair   | -38,00               | -12,00               |
| ST6  | E3         | BG4b - temperatuur winter | Lineair   | -38,00               | -12,00               |

## 14. Combinaties

| Naam  | Omschrijving | Type          | Belastingsgevallen        | Coëff. [-] |
|-------|--------------|---------------|---------------------------|------------|
| ULS1  |              | Lineair - UGT | BG1 - eigen gewicht       | 1,10       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting  | 1,10       |
|       |              |               | BG3a - verkeersbelasting  | 1,20       |
|       |              |               | aslast                    |            |
|       |              |               | BG4a - temperatuur zomer  | 0,41       |
| ULS2  |              | Lineair - UGT | BG1 - eigen gewicht       | 1,10       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting  | 1,10       |
|       |              |               | BG3a - verkeersbelasting  | 1,20       |
|       |              |               | aslast                    |            |
|       |              |               | BG4b - temperatuur winter | 0,41       |
| ULS3  |              | Lineair - UGT | BG1 - eigen gewicht       | 1,10       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting  | 1,10       |
|       |              |               | BG3b - verkeersbelasting  | 1,20       |
|       |              |               | aslast                    |            |
|       |              |               | BG4a - temperatuur zomer  | 0,41       |
| ULS4  |              | Lineair - UGT | BG1 - eigen gewicht       | 1,10       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting  | 1,10       |
|       |              |               | BG3b - verkeersbelasting  | 1,20       |
|       |              |               | aslast                    |            |
|       |              |               | BG4b - temperatuur winter | 0,41       |
| FREQ1 |              | Lineair - BGT | BG1 - eigen gewicht       | 1,00       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting  | 1,00       |

| Naam  | Omschrijving | Type          | Belastingsgevallen              | Coëff. [-] |
|-------|--------------|---------------|---------------------------------|------------|
|       |              |               | BG3a - verkeersbelasting aslast | 0,80       |
|       |              |               | BG4a - temperatuur zomer        | 0,30       |
| FREQ2 |              | Lineair - BGT | BG1 - eigen gewicht             | 1,00       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting        | 1,00       |
|       |              |               | BG3a - verkeersbelasting aslast | 0,80       |
|       |              |               | BG4b - temperatuur winter       | 0,30       |
| FREQ3 |              | Lineair - BGT | BG1 - eigen gewicht             | 1,00       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting        | 1,00       |
|       |              |               | BG3b - verkeersbelasting aslast | 0,80       |
|       |              |               | BG4a - temperatuur zomer        | 0,30       |
| FREQ4 |              | Lineair - BGT | BG1 - eigen gewicht             | 1,00       |
|       |              |               | BG2 - rustende belasting        | 1,00       |
|       |              |               | BG3b - verkeersbelasting aslast | 0,80       |
|       |              |               | BG4b - temperatuur winter       | 0,30       |

## 15. Resultaatklassen

| Naam | Omschrijving | Lijst                                                                                            |
|------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC1  | ULS          | ULS1 - Lineair - UGT<br>ULS2 - Lineair - UGT<br>ULS3 - Lineair - UGT<br>ULS4 - Lineair - UGT     |
| RC2  | SLS FREQ     | FREQ1 - Lineair - BGT<br>FREQ2 - Lineair - BGT<br>FREQ3 - Lineair - BGT<br>FREQ4 - Lineair - BGT |

## 16. 2D element - Interne krachten omhullende ULS

Lineaire berekening, Extreem : Globaal

Selectie : Alle

Klasse : RC1

Elementaire ontwerpgrootheden. In knopen, gem. op elem..

| Staaf | elem | BG  | mxD+<br>[kNm/m] | myD+<br>[kNm/m] | mxD-<br>[kNm/m] | myD-<br>[kNm/m] |
|-------|------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| E2    | 2783 | RC1 | <b>-0,36</b>    | 0,00            | 0,00            | -0,92           |
| E1    | 235  | RC1 | <b>20,52</b>    | 2,37            | 1,82            | 0,91            |
| E2    | 2759 | RC1 | 0,00            | <b>-1,22</b>    | 0,00            | 0,28            |
| E1    | 1084 | RC1 | 1,35            | <b>10,33</b>    | 0,45            | 0,00            |
| E1    | 1178 | RC1 | 0,00            | 7,25            | <b>-8,08</b>    | -8,34           |
| E2    | 2600 | RC1 | 2,62            | 0,29            | <b>11,33</b>    | 1,21            |
| E1    | 1177 | RC1 | 0,00            | 7,27            | -7,50           | <b>-8,50</b>    |
| E1    | 251  | RC1 | 4,05            | 1,71            | 5,13            | <b>2,64</b>     |

## 17. 2D element - Interne krachten omhullende SLS freq

Lineaire berekening, Extreem : Globaal

Selectie : Alle

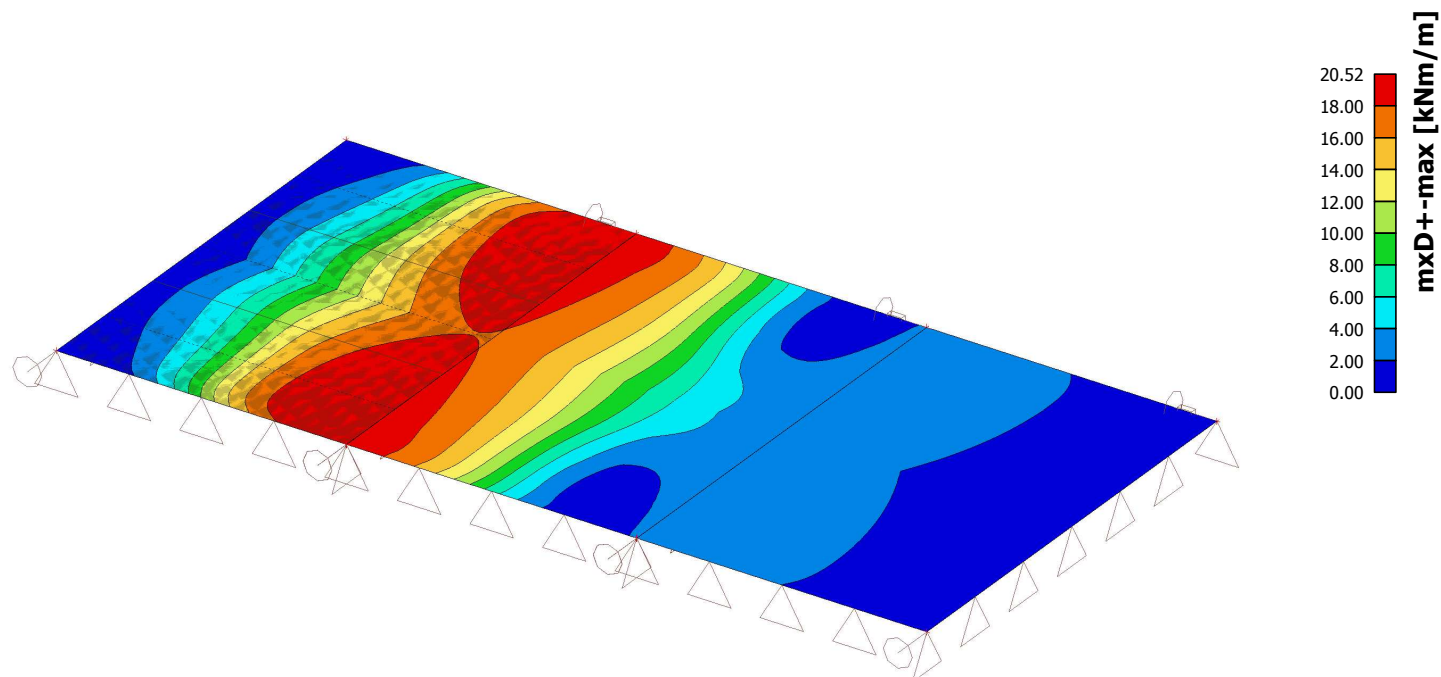
Klasse : RC2

Elementaire ontwerpgrootheden. In knopen, gem. op elem..

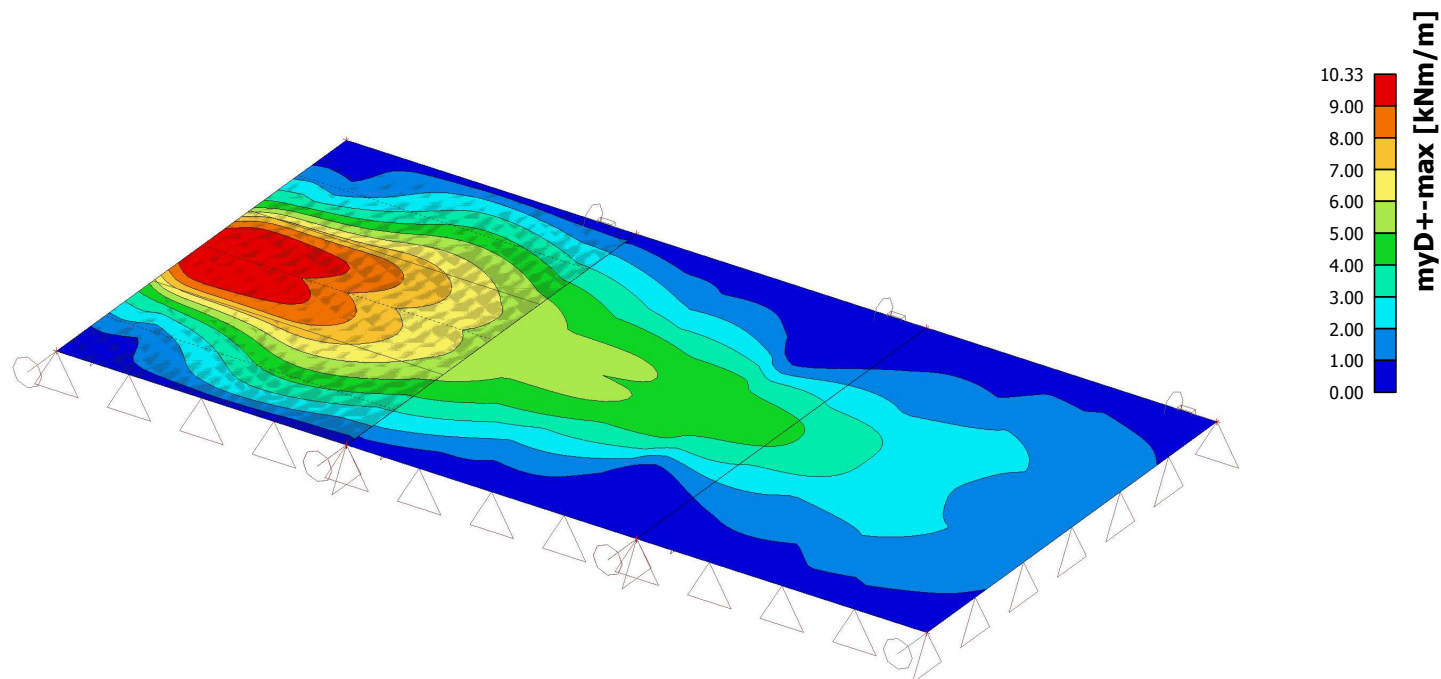
| Staaf | elem | BG  | mxD+<br>[kNm/m] | myD+<br>[kNm/m] | mxD-<br>[kNm/m] | myD-<br>[kNm/m] |
|-------|------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| E2    | 2622 | RC2 | <b>-0,04</b>    | 0,00            | 0,00            | -0,28           |
| E1    | 235  | RC2 | <b>13,78</b>    | 1,58            | 1,35            | 0,60            |
| E2    | 2759 | RC2 | 0,00            | <b>-0,83</b>    | 0,00            | 0,18            |
| E1    | 1084 | RC2 | 0,90            | <b>6,80</b>     | 0,30            | 0,00            |
| E1    | 1176 | RC2 | 0,00            | 4,76            | <b>-5,41</b>    | 0,00            |
| E2    | 2600 | RC2 | 1,85            | 0,19            | <b>7,72</b>     | 0,82            |
| E1    | 1177 | RC2 | 0,00            | 4,75            | -4,93           | <b>-5,58</b>    |
| E1    | 2091 | RC2 | 2,72            | 1,13            | 3,45            | <b>1,77</b>     |



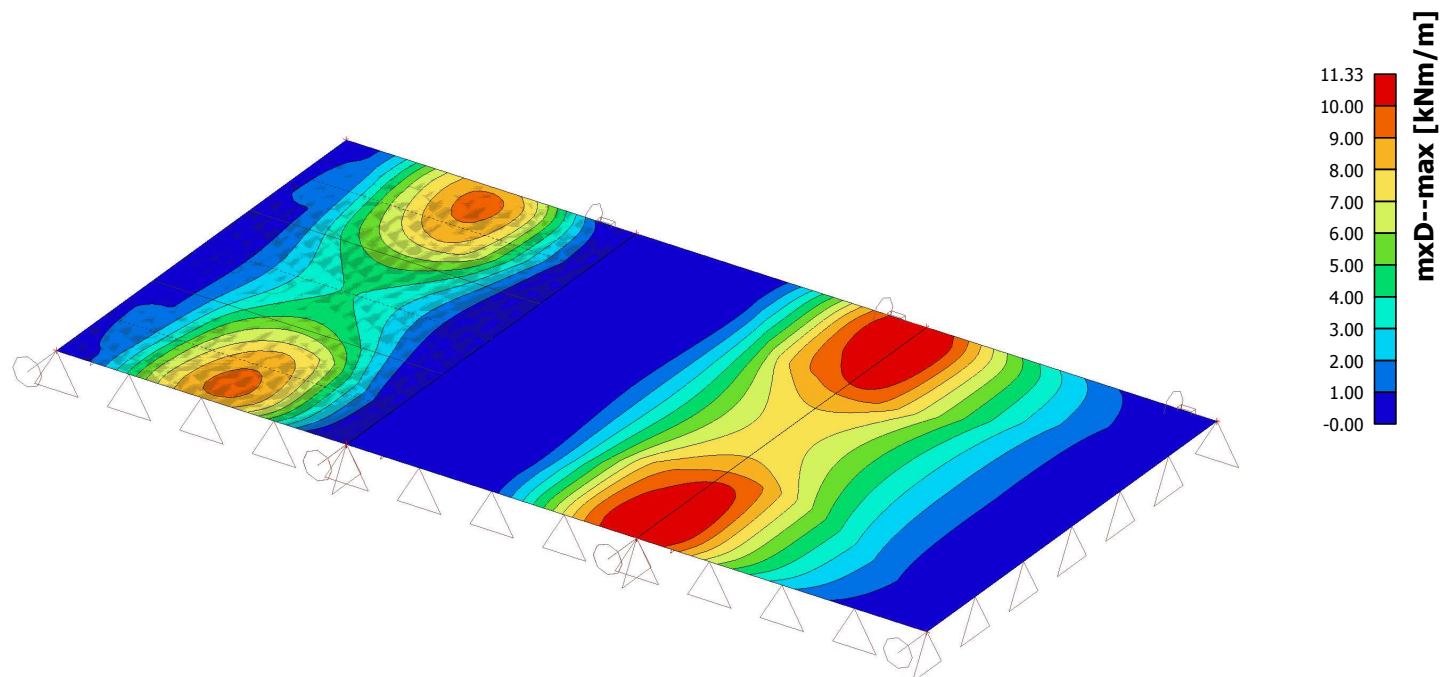
## 18. 2D element - Interne krachten; mxD+ omhullende ULS



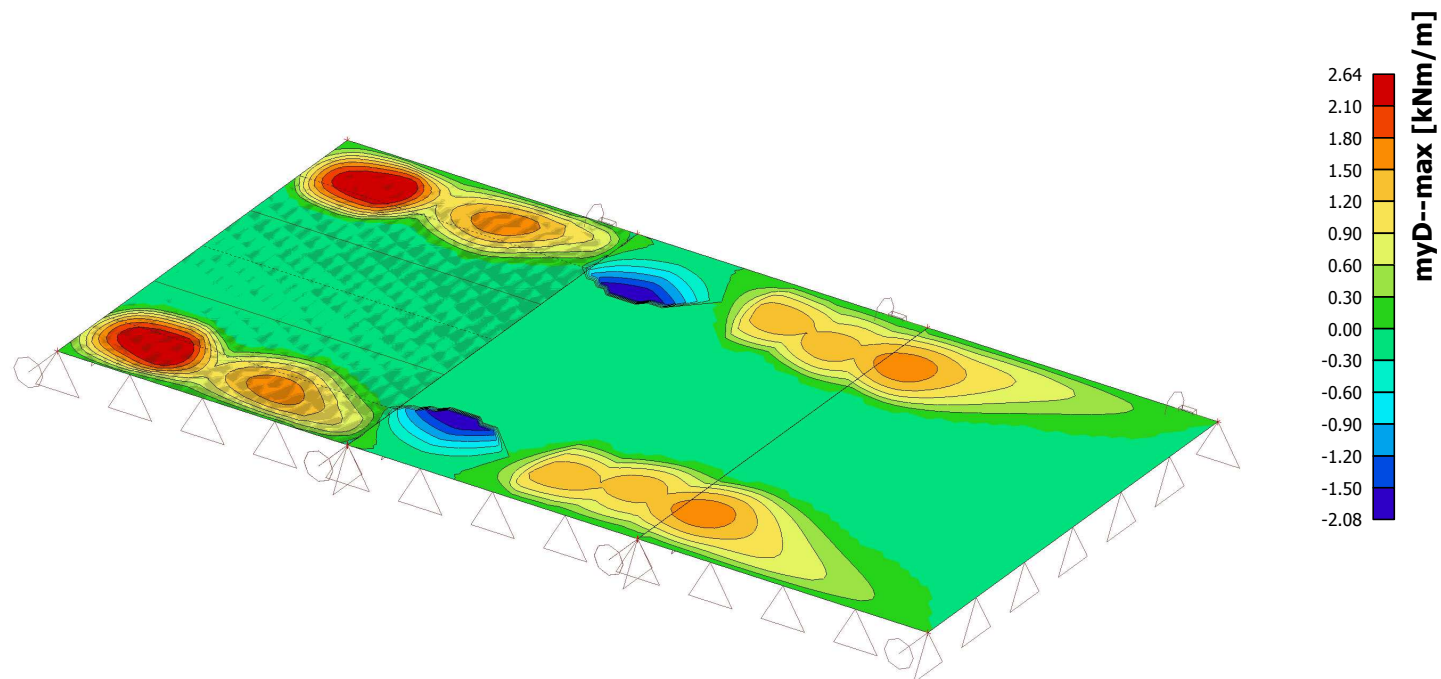
## 19. 2D element - Interne krachten; myD+ omhullende ULS



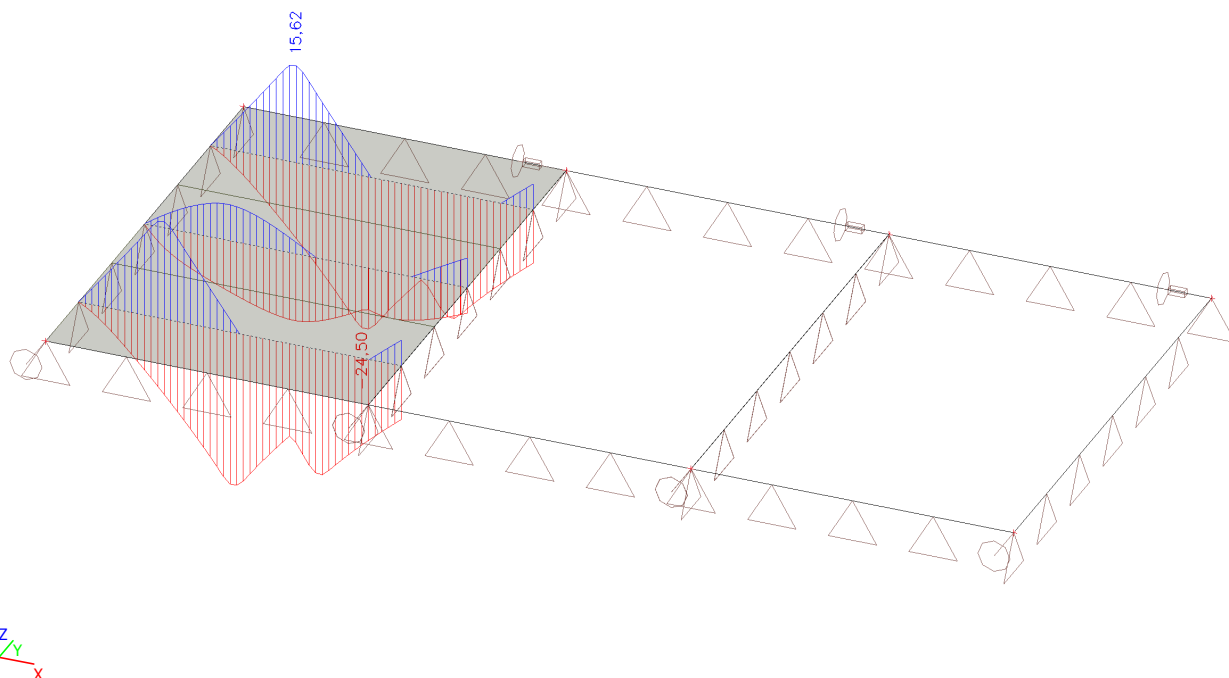
## 20. 2D element - Interne krachten; mxD- omhullende ULS



## 21. 2D element - Interne krachten; myD- omhullende ULS



## 22. Interne krachten in staaf; Vz in plaat, omhullende ULS



## 23. Optredende grondspanning ULS

Lineaire berekening, Extreem : Globaal  
Selectie : Alle  
Klasse : RC1  
In centrum.

| Staaf | BG  | elem | tauxx<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | tauyy<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sigmz<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------|-----|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| E1    | RC1 | 1    | 0,000                         | 0,000                         | 48,144                        |
| E3    | RC1 | 4840 | 0,000                         | 0,000                         | 6,439                         |

**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

## Inhoudsopgave

| Hoofdstuknummer | Hoofdstuk omschrijving         |
|-----------------|--------------------------------|
| 1.              | Projectgegevens                |
| 2.              | Snedeprofiles                  |
| 2.1.            | Snede S 1                      |
| 3.              | Lijst met Staafmacro's         |
| 3.1.            | Element M 1                    |
| 4.              | Lijst met gewapende doorsneden |
| 4.1.            | Gewapende doorsnede R 1        |
| 5.              | Lijst met gebruikte materialen |

**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

## 1. Projectgegevens

|              |                                            |
|--------------|--------------------------------------------|
| Projectnaam  | Den Oever                                  |
| Projectnr.   |                                            |
| Omschrijving | w apening betonblok op kruin 2e laag (b+o) |
| Auteur       | bg                                         |
| Aanmaakdatum | 5-12-2016                                  |

### Nationale norm

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| Nationale norm     | EN 1992-1-1:2004/AC:2010-11 |
| Nationale Bijlage  | Nederland, 2011 November    |
| Ontwerp levensduur | 100 jaar                    |

Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

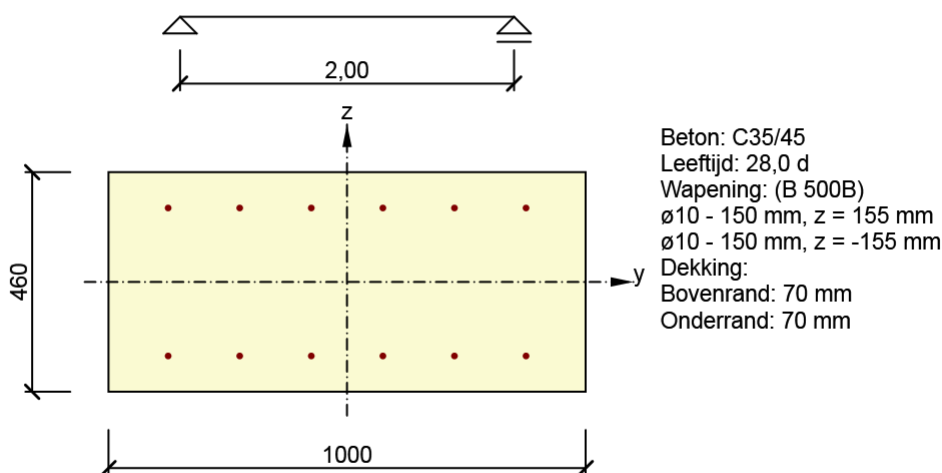
Projectnummer :

## 2. Snedecontroles

### 2.1. Snede S 1

#### 2.1.1. Extreem S 1 - E 1

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Staafmacro          | M 1 |
| Gewapende doorsnede | R 1 |



Beton: C35/45  
Leeftijd: 28,0 d  
Wapening: (B 500B)  
ø10 - 150 mm, z = 155 mm  
ø10 - 150 mm, z = -155 mm  
Dekking:  
Bovenrand: 70 mm  
Onderrand: 70 mm

#### 2.1.1.1. Lasteffecten - Snedekrachten

| Type Belasting | Combinatietype   | Lastpositi<br>e | N<br>[ kN ] | Vy<br>[ kN ] | Vz<br>[ kN ] | T<br>[ kNm ] | My<br>[ kNm ] | Mz<br>[ kNm ] |
|----------------|------------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Totaal         | Fundamenteel UGT | Huidig          | 0,00        | 0,00         | 25,00        | 0,00         | -21,00        | 0,00          |
| Totaal         | Frequent         | Huidig          | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | -14,00        | 0,00          |

#### 2.1.1.2. Compleet

| Maatgevende controle | N Ed<br>[ kN ] | M Ed,y<br>[ kNm ] | M Ed,z<br>[ kNm ] | V Ed<br>[ kN ] | T Ed<br>[ kNm ] | Waarde<br>[ % ] | Controle |
|----------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Scheurw ijdte        | 0,00           | -14,00            | 0,00              |                |                 | 67,34           | OK       |
| Type controle        | N Ed<br>[ kN ] | M Ed,y<br>[ kNm ] | M Ed,z<br>[ kNm ] | V Ed<br>[ kN ] | T Ed<br>[ kNm ] | Waarde<br>[ % ] | Controle |
| Weerstand N-My-Mz    | 0,00           | -21,00            | 0,00              |                |                 | 20,97           | OK       |
| Dw arskracht         | 0,00           |                   |                   | 25,00          | 0,00            | 14,32           | OK       |
| Interactie           | 0,00           | -21,00            | 0,00              | 25,00          | 0,00            | 24,98           | OK       |
| Scheurw ijdte        | 0,00           | -14,00            | 0,00              |                |                 | 67,34           | OK       |
| Slankheid            | 0,00           | 0,00              | 0,00              |                |                 | 0,00            | OK       |

Grensw aarde van de uitnuttig van de controle

100,00 %

#### 2.1.1.3. Weerstand N-My-Mz



Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :

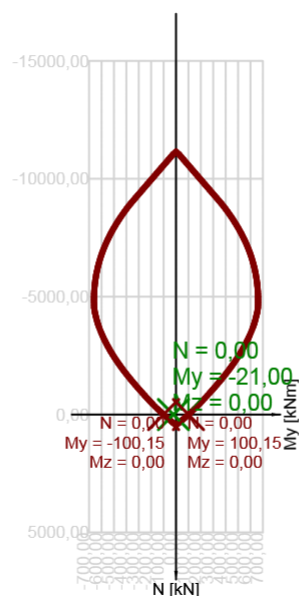
#### Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

| N Ed<br>[ kN ] | M Ed,y<br>[ kNm ] | M Ed,z<br>[ kNm ] | Type       | Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|----------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|----------------|----------|
| 0,00           | -21,00            | 0,00              | Nu-Muy-Muz | 20,97           | 100,00         | OK       |

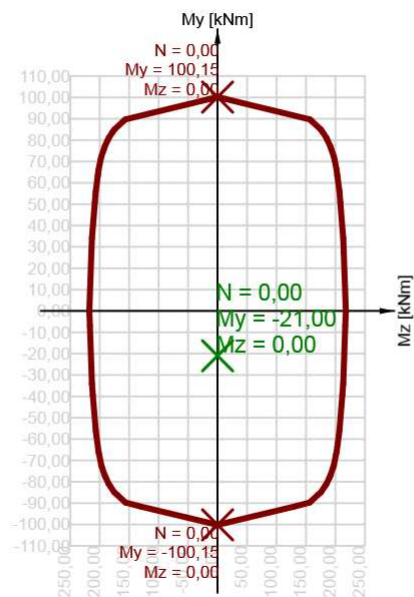
#### Rekenwaarde van de weerstand van de doorsnede belast door buiging én normaalkracht

| Type                   | F Ed   | F Rd1   | F Rd2  |
|------------------------|--------|---------|--------|
| N [ kN ]               | 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| M <sub>y</sub> [ kNm ] | -21,00 | -100,15 | 100,15 |
| M <sub>z</sub> [ kNm ] | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

Snede N - My



Horizontale snede



#### 2.1.1.4. Dwarskracht

Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :

#### Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

| V Ed<br>[ kN ] | N Ed<br>[ kN ] | V Rd<br>[ kN ] | Controle zone   | Artikel  | Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|-----------------|----------------|----------|
| 25,00          | 0,00           | 174,63         | zonder reductie | 6.2.2(1) | 14,32           | 100,00         | OK       |

#### Rekenwaarde en weerstand van de dwarskracht

| V Ed<br>[ kN ] | V Rd,c<br>[ kN ] | V Rd,max<br>[ kN ] | V Rd,r<br>[ kN ] | V Rd,s<br>[ kN ] | V Rd<br>[ kN ] |
|----------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|
| 25,00          | 174,63           | 2447,58            | 2218,36          | 0,00             | 174,63         |

#### Invoerwaarden en tussenresultaten van de afschuifcontrole

| n c             | a sw<br>[ mm <sup>2</sup> /m ] | A sl<br>[ mm <sup>2</sup> ] | b w<br>[ mm ] | d<br>[ mm ]     | z<br>[ mm ]     | θ<br>[ ° ]       | α<br>[ ° ] | α cw<br>[ - ] |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|------------|---------------|
| 0               | 0                              | 1047                        | 1000          | 368             | 350             | 45,0             | 90,0       | 1,00          |
| C Rd,c<br>[ - ] | k<br>[ - ]                     | k 1<br>[ - ]                | ρ l<br>[ - ]  | σ cp<br>[ MPa ] | σ wd<br>[ MPa ] | v min<br>[ MPa ] | v<br>[ - ] | v l<br>[ - ]  |
| 0,12            | 1,74                           | 0,15                        | 0,00          | 0,00            | 0,00            | 0,47             | 0,52       | 0,60          |

#### 2.1.1.5. Interactie

##### Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

| N Ed<br>[ kN ] | M Edy<br>[ kNm ] | M Edz<br>[ kNm ] | V Ed<br>[ kN ] | T Ed<br>[ kNm ] | Waarde V+T<br>[ % ] | Waarde<br>+M<br>[ % ] | Waarde<br>V+T<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------|
| 0,00           | -21,00           | 0,00             | 25,00          | 0,00            | 14,32               | 24,98                 | 24,98                  | 100,00         | OK       |

##### Interactiecontrole voor dwarskracht én wringing (beton)

| V Rd,c<br>[ kN ] | T Rd,c<br>[ kNm ] | V Rd,max<br>[ kN ] | T Rd,max<br>[ kNm ] | Verg. 6.31<br>[ % ] | Verg. 6.29<br>[ % ] | Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------|
| 174,63           | 0,00              | 2447,58            | 0,00                | 14,32               | 1,02                | 14,32           | 100,00         | OK       |

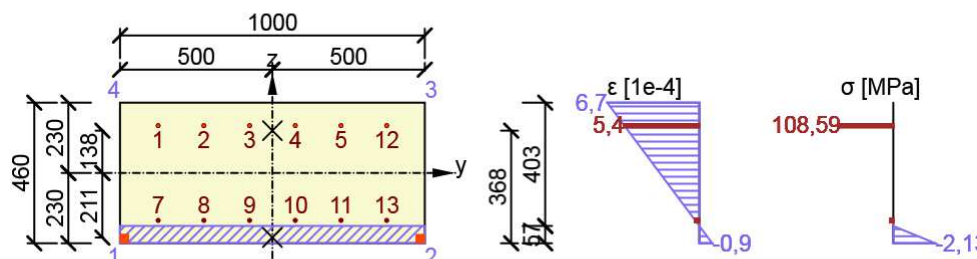
##### Interactiecontrole voor dwarskracht, wringing én normaalkracht

| Δ F td,s<br>[ kN ] | Δ F td,t<br>[ kN ] | Δ F td<br>[ kN ] | Δ ε s<br>[ 1e-4 ] | Δ ε t<br>[ 1e-4 ] | Extreme<br>staaf | in Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|----------------|----------|
| 25,00              | 0,00               | 25,00            | 0,0               | 0,0               | 1                | 24,98              | 100,00         | OK       |

##### Gedetailleerde staafcontrole

| Staaf | y i<br>[ mm ] | z i<br>[ mm ] | Δ ε<br>[ 1e-4 ] | ε<br>[ 1e-4 ] | ε lim<br>[ 1e-4 ] | Δ σ<br>[ MPa ] | σ<br>[ MPa ] | σ lim<br>[ MPa ] | Waarde<br>[ % ] | Controle |
|-------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|----------------|--------------|------------------|-----------------|----------|
| 1     | -375          | 155           | 0,0             | 5,4           | 5000,0            | 0,00           | 108,59       | 434,78           | 24,98           | OK       |

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



#### 2.1.1.6. Scheurwijdte

##### Scheurwijdte - korte termijn effect

| Combinatie | N | M y | M z | w k | w lim | Waarde | Grens | Controle |
|------------|---|-----|-----|-----|-------|--------|-------|----------|
|------------|---|-----|-----|-----|-------|--------|-------|----------|

Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :

|      | [ kN ] | [ kNm ] | [ kNm ] | [ mm ] | [ mm ] | [ % ] | [ % ]  |    |
|------|--------|---------|---------|--------|--------|-------|--------|----|
| Freq | 0,00   | -14,00  | 0,00    | 0,147  | 0,218  | 67,34 | 100,00 | OK |

#### Scheurwijdte - lange termijn effect

| Combinatie | N<br>[ kN ] | M <sub>y</sub><br>[ kNm ] | M <sub>z</sub><br>[ kNm ] | w <sub>k</sub><br>[ mm ] | w <sub>lim</sub><br>[ mm ] | Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|----------|
| Freq       | 0,00        | -14,00                    | 0,00                      | 0,146                    | 0,218                      | 67,01           | 100,00         | OK       |

#### Tussenresultaten en coëfficiënten van de scheurwijdteberekening - korte-termijn effect - Combinatie: Freq, Fase van de doorsnede: 1

| x<br>[ mm ]             | h <sub>c,eff</sub><br>[ mm ]                  | d<br>[ mm ]                | A <sub>c,eff</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | A <sub>s,eff</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | ρ <sub>p,eff</sub><br>[ - ] |
|-------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| 47                      | 138                                           | 362                        | 137540                                    | 524                                       | 0,00                        |
| k <sub>t</sub><br>[ - ] | ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub><br>[ 1e-4 ] | k <sub>1</sub><br>[ - ]    | k <sub>2</sub><br>[ - ]                   | k <sub>3</sub><br>[ - ]                   | k <sub>4</sub><br>[ - ]     |
| 0,60                    | 2,1                                           | 0,80                       | 0,50                                      | 3,40                                      | 0,43                        |
| c<br>[ mm ]             | ε <sub>1</sub><br>[ 1e-4 ]                    | ε <sub>2</sub><br>[ 1e-4 ] | s <sub>r,max</sub><br>[ mm ]              | Φ<br>[ mm ]                               | σ <sub>s</sub><br>[ MPa ]   |
| 70                      | 4,4                                           | -0,5                       | 685                                       | 10                                        | 71,48                       |

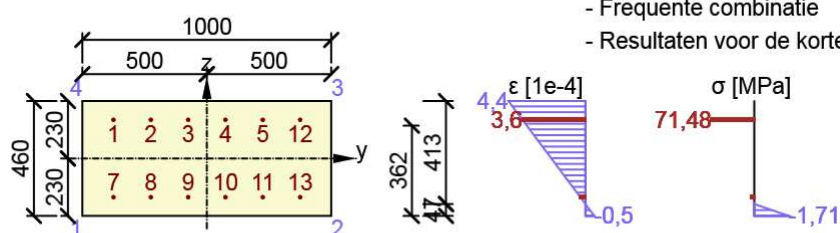
#### Tussenresultaten en coëfficiënten van de scheurwijdteberekening - lange-termijn effect - Combinatie: Freq, Fase van de doorsnede: 1

| x<br>[ mm ]             | h <sub>c,eff</sub><br>[ mm ]                  | d<br>[ mm ]                | A <sub>c,eff</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | A <sub>s,eff</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | ρ <sub>p,eff</sub><br>[ - ] |
|-------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| 70                      | 130                                           | 380                        | 130145                                    | 524                                       | 0,00                        |
| k <sub>t</sub><br>[ - ] | ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub><br>[ 1e-4 ] | k <sub>1</sub><br>[ - ]    | k <sub>2</sub><br>[ - ]                   | k <sub>3</sub><br>[ - ]                   | k <sub>4</sub><br>[ - ]     |
| 0,40                    | 2,2                                           | 0,80                       | 0,50                                      | 3,40                                      | 0,43                        |
| c<br>[ mm ]             | ε <sub>1</sub><br>[ 1e-4 ]                    | ε <sub>2</sub><br>[ 1e-4 ] | s <sub>r,max</sub><br>[ mm ]              | Φ<br>[ mm ]                               | σ <sub>s</sub><br>[ MPa ]   |
| 70                      | 4,6                                           | -0,8                       | 661                                       | 10                                        | 73,72                       |

#### Kruipcoëfficiënt

| Bepalingmethode | h <sub>0</sub><br>[ mm ] | A <sub>c</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | u<br>[ mm ] | t<br>[ d ] | t <sub>0</sub><br>[ d ] | t <sub>s</sub><br>[ d ] | RH<br>[ % ] | Gebruik<br>γ <sub>lt</sub> | φ (t,t <sub>0</sub> ) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| Automatisch     | 315                      | 460000                                | 2920        | 36500,0    | 28,0                    | 7,0                     | 80          | Nee                        | 1,45                  |

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



Resultaten weergegeven voor :

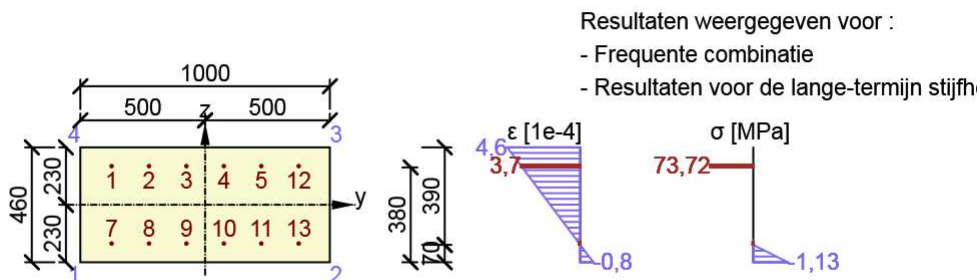
- Frequentie combinatie
- Resultaten voor de korte-termijn stijfheid

Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



### 2.1.1.7. Detailleringseisen

| N <sub>Ed</sub><br>[ kN ] | M <sub>Ed,y</sub><br>[ kNm ] | M <sub>Ed,z</sub><br>[ kNm ] | Verh. lang<br>[ % ] | Maatgevend<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------|
| 0,00                      | -21,00                       | 0,00                         | 37,50               | 37,50               | 100,00         | OK       |

Controle van de detailleringseisen van de langwapening

| Type                                                           | Waarde ber | Waarde lim | Verh.<br>[ % ] | Controle |
|----------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------|----------|
| Minimale w ap.perc. voor de hoofdw apening (9.3.1.1 (1)) [ % ] | 0,46       | 0,17       | 36,66          | OK       |
| Maximum w ap.perc. voor de hoofdw apening (9.3.1.1 (1)) [ % ]  | 0,23       | 4,00       | 5,69           | OK       |
| Minimale afstand van de hoofdw apening (8.2 (2)) [ mm ]        | 140        | 21         | 15,00          | OK       |
| Maximale afstand van de hoofdw apening (9.3.1.1 (3)) [ mm ]    | 150        | 400        | 37,50          | OK       |

Invoerwaarden en tussenresultaten voor detailleringcontrole

| b <sub>w</sub><br>[ mm ] | d<br>[ mm ] | A <sub>c</sub><br>[ mm <sup>2</sup> ] | f <sub>yk</sub><br>[ MPa ] | f <sub>yd</sub><br>[ MPa ] | f <sub>ck</sub><br>[ MPa ] | f <sub>ctm</sub><br>[ MPa ] | f <sub>cd</sub><br>[ MPa ] |
|--------------------------|-------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1000                     | 368         | 460000                                | 500,00                     | 434,78                     | 35,00                      | 3,21                        | 23,33                      |

### 2.1.1.8. Analyse N-My-Mz

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

| N <sub>Ed</sub><br>[ kN ] | M <sub>Ed,y</sub><br>[ kNm ] | M <sub>Ed,z</sub><br>[ kNm ] | Extreme in<br>vezel | Extreme in<br>staaf | Waarde<br>[ % ] | Grens<br>[ % ] | Controle |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------|
| 0,00                      | -21,00                       | 0,00                         | 2                   | 1                   | 24,98           | 100,00         | OK       |

Rekvlak

| x<br>[ mm ] | x <sub>lim</sub><br>[ mm ] | d<br>[ mm ] | z<br>[ mm ] | ε <sub>x</sub><br>[ 1e-4 ] | ε <sub>y</sub><br>[ 1e-4 ] | ε <sub>z</sub><br>[ 1e-4 ] |
|-------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 57          | 197                        | 368         | 350         | 2,9                        | 0,0                        | 16,5                       |

Snedekrachten in doorsnede onderdelen

| Drnsn. onderdeel | N<br>[ kN ] | M <sub>y</sub><br>[ kNm ] | M <sub>z</sub><br>[ kNm ] | A<br>[ mm <sup>2</sup> ] | y <sub>i</sub><br>[ mm ] | z <sub>i</sub><br>[ mm ] |
|------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Beton            | -60,09      | -12,69                    | 0,00                      | 56533                    | 0                        | -211                     |
| Trekw apening    | 60,06       | -8,32                     | 0,00                      | 1047                     | 0                        | 138                      |
| Totaal           | -0,04       | -21,01                    | 0,00                      |                          |                          |                          |

Gedetailleerde controle van beton

| Betonvezel | y <sub>i</sub><br>[ mm ] | z <sub>i</sub><br>[ mm ] | ε<br>[ 1e-4 ] | ε <sub>lim</sub><br>[ 1e-4 ] | σ<br>[ MPa ] | σ <sub>lim</sub><br>[ MPa ] | Waarde<br>[ % ] | Controle |
|------------|--------------------------|--------------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|----------|
| 2          | 500                      | -230                     | -0,9          | -35,0                        | -2,13        | -23,33                      | 9,11            | OK       |

Gedetailleerde staafcontrole

| Staaf | y <sub>i</sub> | z <sub>i</sub> | ε<br>[ 1e-4 ] | ε <sub>lim</sub> | σ<br>[ MPa ] | σ <sub>lim</sub> | Waarde<br>[ % ] | Controle |
|-------|----------------|----------------|---------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|----------|
|-------|----------------|----------------|---------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|----------|

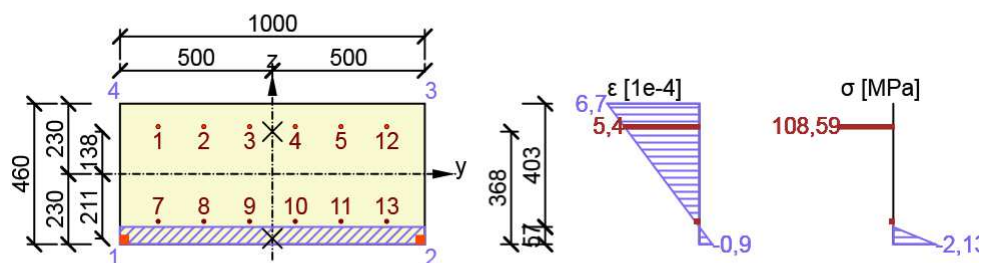
**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

|   | [ mm ] | [ mm ] |     | [ 1e-4 ] |        | [ MPa ] |       |    |
|---|--------|--------|-----|----------|--------|---------|-------|----|
| 1 | -375   | 155    | 5,4 | 5000,0   | 108,59 | 434,78  | 24,98 | OK |

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

### 3. Lijst met Staafmacro's

#### 3.1. Element M 1

|                               |               |   |
|-------------------------------|---------------|---|
| Elementtype                   | (Vloer)strook |   |
| Milieuklasse                  | XC4, XD3, XF2 |   |
| Relatieve vochtigheid         | 80            | % |
| $\phi$ inf                    | Berekend      | - |
| Belangrijkheid van rekenstaaf | Belangrijk    |   |
| Coëfficiënt $k_x$ (7.3.1(5))  | 1,09          |   |

#### Buig slankheid gegevens

|                                                                   |                        |   |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|---|
| Vrije ruimte tussen de dagzijdes van de steunpunten (5.3.2.2 (1)) |                        | m |
| Ondersteuningsomstandigheid - Links                               | Niet-doorgaand element |   |
| Breedte van het steunpunt (5.3.2.2 (1))                           | 0,00                   | m |
| Ondersteuningsomstandigheid - Rechts                              | Niet-doorgaand element |   |
| Breedte van het steunpunt (5.3.2.2 (1))                           | 0,00                   | m |



**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

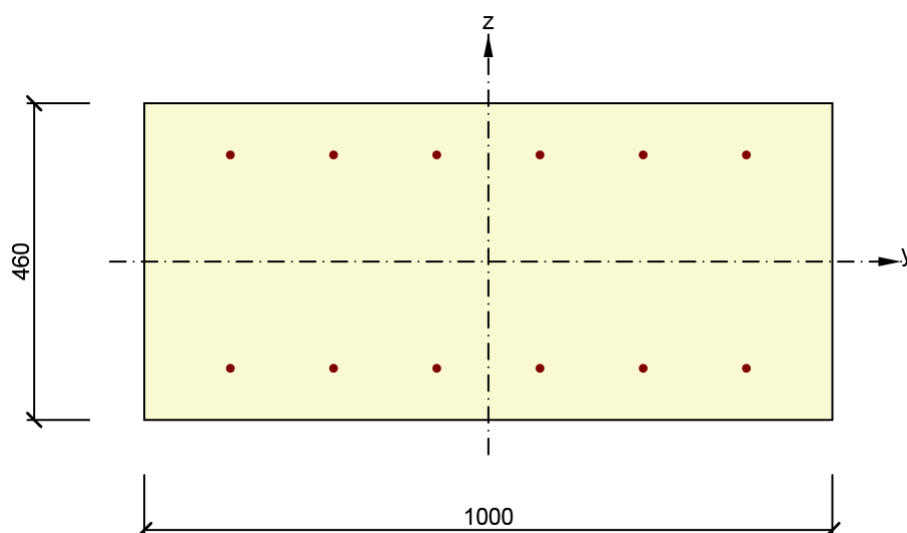
Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :

## 4. Lijst met gewapende doorsneden

### 4.1. Gewapende doorsnede R 1



#### Doorsnede-onderdelen

| Vorm onderdeel                      | Materiaal |
|-------------------------------------|-----------|
| Rechthoekige doorsnede 1000 / 460mm | C35/45    |

#### Doorsnede-eigenschappen

| A<br>[ mm <sup>2</sup> ] | S <sub>y</sub><br>[ mm <sup>3</sup> ] | S <sub>z</sub><br>[ mm <sup>3</sup> ] | I <sub>y</sub><br>[ mm <sup>4</sup> ] | I <sub>z</sub><br>[ mm <sup>4</sup> ] | C <sub>gy</sub><br>[ mm ] | C <sub>gz</sub><br>[ mm ] | i <sub>y</sub><br>[ mm ] | i <sub>z</sub><br>[ mm ] |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 460000                   | 0                                     | 0                                     | 8111333333                            | 38333333333                           | 0                         | 0                         | 133                      | 289                      |

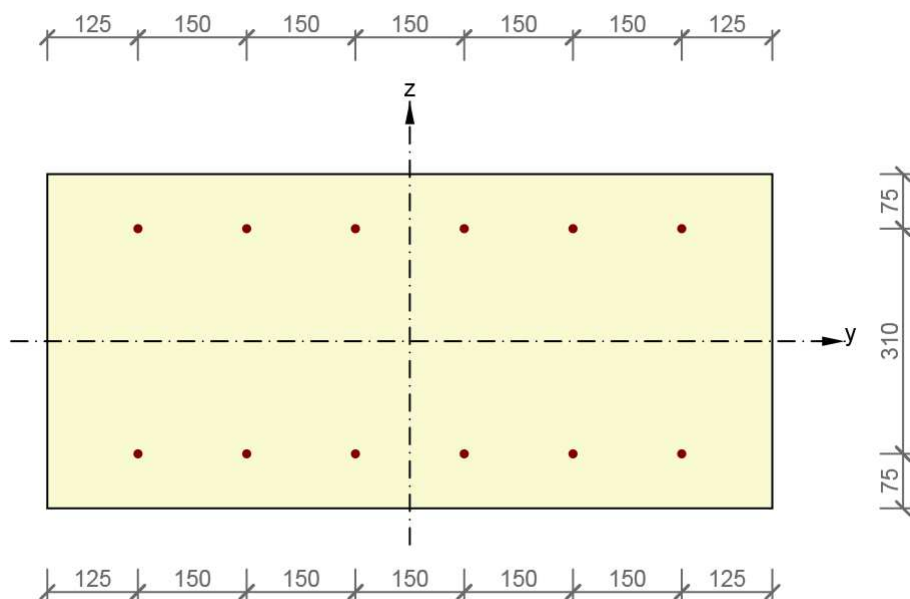
#### Betondekking gerelateerd aan de doorsnederanden

| Type      | Dekking<br>[ mm ] |
|-----------|-------------------|
| Bovenrand | 70                |
| Onderrand | 70                |

Project: Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

Auteur: bg

Projectnummer :



| Langswapening<br>[ kg/m ] | Beugels<br>[ kg/m ] | Totale massa<br>[ kg/m ] | Wapening / m3 beton<br>[ kg/m3 ] |
|---------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 8                         | 0                   | 8                        | 18                               |

#### Langswapening

| Staat | Ø<br>[ mm ] | Material | y<br>[ mm ] | z<br>[ mm ] |
|-------|-------------|----------|-------------|-------------|
| 1     | 10          | B 500B   | -375        | 155         |
| 2     | 10          | B 500B   | -225        | 155         |
| 3     | 10          | B 500B   | -75         | 155         |
| 4     | 10          | B 500B   | 75          | 155         |
| 5     | 10          | B 500B   | 225         | 155         |
| 12    | 10          | B 500B   | 375         | 155         |
| 7     | 10          | B 500B   | -375        | -155        |
| 8     | 10          | B 500B   | -225        | -155        |
| 9     | 10          | B 500B   | -75         | -155        |
| 10    | 10          | B 500B   | 75          | -155        |
| 11    | 10          | B 500B   | 225         | -155        |
| 13    | 10          | B 500B   | 375         | -155        |

**Project:** Den Oever (wapening betonblok kruin.rcs)

**Auteur:** bg

**Projectnummer :**

## 5. Lijst met gebruikte materialen

### Beton C35/45

|                                |             |      |
|--------------------------------|-------------|------|
| E <sub>c</sub>                 | 34077,15    | MPa  |
| f <sub>ck</sub>                | 35,00       | MPa  |
| f <sub>cm</sub>                | 43,00       | MPa  |
| f <sub>ctm</sub>               | 3,21        | MPa  |
| E <sub>cm</sub>                | 34077,15    | MPa  |
| ε <sub>c2</sub>                | 20,0        | 1e-4 |
| ε <sub>cu2</sub>               | 35,0        | 1e-4 |
| Exponent - n                   | 2,00        | -    |
| Korrelgrootte toeslagmateriaal | 16          | mm   |
| Cementklasse                   | R           |      |
| Type diagram                   | Parabolisch |      |

### Wapeningstaal B 500B

|                 |                                |     |
|-----------------|--------------------------------|-----|
| E               | 200000,00                      | MPa |
| f <sub>yk</sub> | 500,00                         | MPa |
| ε <sub>uk</sub> | 0,05                           | -   |
| Type            | Staven                         |     |
| Staafooppervlak | Geribd                         |     |
| Klasse          | B                              |     |
| Vervaardiging   | Warmgew alst                   |     |
| Type diagram    | Bi-lineair met horizontale tak |     |

## **Bijlage 8    Stabiliteit individuele elementen in de golfklapzone**

Project: Dijkversterking Den Oever

Pagina:

1 of 5

Project nr: 154670

Doc nr: 154670-REA-ENG-188

Titel: **Berekening stabiliteit individuele elementen golfklap**

## 1 REFERENTIES

- I. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25
- II. WL | Delft Hydraulics (2006), Kennisontwikkeling t.b.v. STEENTOETS2006. Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen. November 2006.
- III. Deltares (2015). Documentatie Steentoets 2015. Excel programma voor het berekenen van stabiliteit steenzettingen.

## 2 FORMULES

$$1. \quad G_{onderwater} = L \cdot B \cdot (\rho_b - \rho_w) \cdot D \cdot g / 1000$$

$$2. \quad K' = K'_{stootvoeg} + k'_{langsvoeg}$$

$$3. \quad \Lambda = \sqrt{\frac{k_1 \cdot d_f \cdot D}{k'}}$$

$$4. \quad T_p = 1,1 \cdot T_{m-1,0}$$

$$5. \quad sF_s = \frac{(G_{onderwater} - F_{opwaarts}) \cdot f_w}{F_{horizontaal}}$$

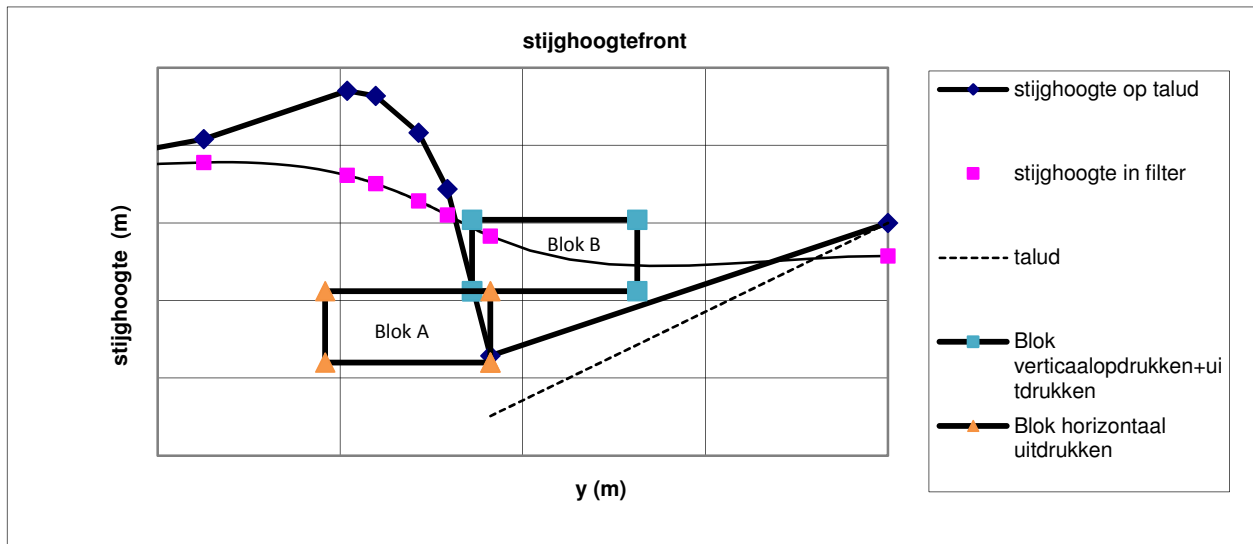
$$6. \quad sF_s = \frac{\Sigma M_{tegenwerkend}}{\Sigma M_{aandrijvend}}$$



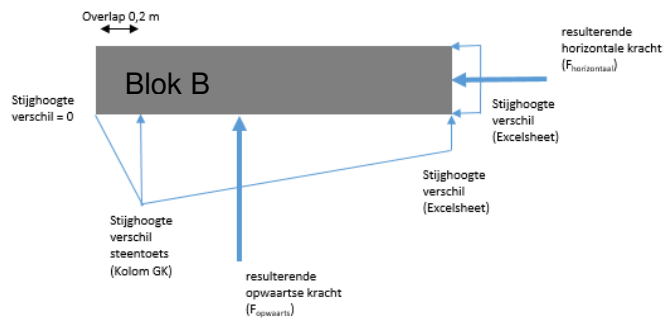
Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening stabiliteit individuele elementen golfklap**

Pagina: 2 of 5

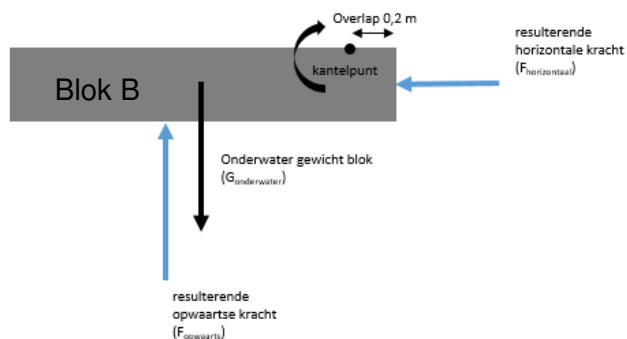
## 3 SCHEMATISATIE



Stijghoogteverloop op het talud en in het filter en locatie Blok A en Blok B



Belastingen op Blok B (verticaal opdrukken + uitdrukken)



Momenten evenwicht individueel element (Blok B)

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening stabiliteit individuele elementen golfklap**

Pagina: 3 of 5

## 4 BEREKENINGSRESULTATEN

| Input                                          |                           |                      |                                               |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Beschrijving                                   | Parameter                 | Eenheid              | Toelichting                                   | HA-01   | HA-03   | HA-04   | HA-06   | HA-08   | HA-09   | HA-10   |
| Gravitatieversnelling                          | $g$                       | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                               | 9,81    | 9,81    | 9,81    | 9,81    | 9,81    | 9,81    | 9,81    |
| golfhoogte                                     | $H_s$                     | [m]                  | [Ref I]                                       | 1,43    | 1,43    | 1,54    | 1,54    | 1,04    | 1,04    | 0,98    |
| Golfperiode                                    | $T_{m-1,0}$               | [s]                  | [Ref I]                                       | 4,82    | 4,82    | 5,07    | 5,07    | 4,74    | 4,74    | 4,89    |
| Factor bepaling rekenwaarde golfperiode        | -                         | [-]                  | Verhouding conform Steentoets                 | 1,1     | 1,1     | 1,1     | 1,1     | 1,1     | 1,1     | 1,1     |
| Taludhelling                                   | $\tan(\alpha)$            | [-]                  | [Ref I]                                       | 0,25    | 0,25    | 0,25    | 0,29    | 0,29    | 0,29    | 0,40    |
| Maximale dikte filterlaag                      | $d_{f1}$                  | [m]                  | Tekening                                      | 0,55    | 0,55    | 0,55    | 0,55    | 0,55    | 0,55    | 0,55    |
| Minimale dikte filterlaag                      | $d_{f,min}$               | [m]                  | Tekening                                      | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     |
| Wrijvingscoëfficiënt                           | $f_w$                     | [-]                  | Ontwerpmethodiek §6.2.2                       | 0,58    | 0,58    | 0,58    | 0,58    | 0,58    | 0,58    | 0,58    |
| Soortelijk gewicht zeewater                    | $\rho_w$                  | [kg/m <sup>3</sup> ] | [Ref I]                                       | 1025    | 1025    | 1025    | 1025    | 1025    | 1025    | 1025    |
| Soortelijk gewicht beton                       | $\rho_b$                  | [kg/m <sup>3</sup> ] | [Ref I]                                       | 2400    | 2400    | 2400    | 2400    | 2400    | 2400    | 2400    |
| Dikte element                                  | $D$                       | [m]                  | Eis S.1.1.2.3.S.001                           | 0,46    | 0,46    | 0,46    | 0,46    | 0,46    | 0,46    | 0,46    |
| Breedte element                                | $B$                       | [m]                  | op basis van geometrie                        | 2,04    | 2,04    | 2,04    | 1,81    | 1,81    | 1,81    | 1,35    |
| Lengte element                                 | $L$                       | [m]                  | Ontwerpkeuze                                  | 2       | 2       | 1       | 1       | 2       | 2       | 2       |
| Overlap                                        |                           | [m]                  | Tekening                                      | 0,2     | 0,2     | 0,2     | 0,2     | 0,2     | 0,2     | 0,2     |
| Tussenresultaten                               |                           |                      |                                               |         |         |         |         |         |         |         |
| Beschrijving                                   | Parameter                 | Eenheid              | Toelichting                                   | HA-01   | HA-03   | HA-04   | HA-06   | HA-08   | HA-09   | HA-10   |
| Rekenwaarde golfpiekperiode                    | $T_p$                     | [s]                  | Rekenwaarde conform formule 4                 | 5,30    | 5,30    | 5,58    | 5,58    | 5,21    | 5,21    | 5,38    |
| Brekerparameter                                | $\xi_{op}$                | [-]                  | o.b.v. rekenwaarde $T_p$                      | 1,39    | 1,39    | 1,40    | 1,60    | 1,83    | 1,83    | 2,72    |
| Doorlatendheid langsvoeg                       | $k'_{\text{langsvoeg}}$   | [m/s]                | Steentoets kolom EN ( $D = 0,2$ m)            | 0,00060 | 0,00060 | 0,00060 | 0,00068 | 0,00068 | 0,00068 | 0,00095 |
| Doorlatendheid stootvoeg                       | $k'_{\text{stootvoeg}}$   | [m/s]                | Steentoets kolom EL ( $D = 0,46$ m)           | 0,00922 | 0,00922 | 0,01849 | 0,01849 | 0,00922 | 0,00922 | 0,00922 |
| Totale doorlatendheid                          | $k'$                      | [m/s]                | Formule 2                                     | 0,01    | 0,01    | 0,019   | 0,019   | 0,010   | 0,010   | 0,010   |
| Effectieve dikte filterlaag                    | $d_f$                     | [m]                  | Gewogen waarde afhankelijk van leklengte      | 0,35    | 0,35    | 0,39    | 0,38    | 0,33    | 0,33    | 0,30    |
| Doorlatendheid filter                          | $k_1$                     | [m/s]                | Steentoets Kolom DY                           | 0,17    | 0,17    | 0,17    | 0,17    | 0,17    | 0,17    | 0,17    |
| Maximum stijghoogteverschil achterzijde blok B | $\phi_{wmax}$             | [m]                  | Conform [Ref. II]                             | 0,21    | 0,21    | 0,15    | 0,18    | 0,16    | 0,16    | 0,18    |
| Maximum stijghoogteverschil voorzijde blok B   | $\phi_{wmax,achterzijde}$ | [m]                  | Conform [Ref. II]                             | 0,73    | 0,73    | 0,72    | 0,74    | 0,63    | 0,63    | 0,71    |
| Leklengte                                      | $\Lambda$                 | [m]                  | Formule 3 [ref. III]                          | 1,66    | 1,66    | 1,27    | 1,24    | 1,60    | 1,60    | 1,52    |
| Onderwatergewicht element                      | $G_{\text{onderwater}}$   | [kN]                 | Formule 1                                     | 25,32   | 25,32   | 12,66   | 11,23   | 22,46   | 22,46   | 16,75   |
| Opwaartse kracht tegen onderzijde blok         | $F_{\text{opwaarts}}$     | [kN]                 |                                               | 18,81   | 18,81   | 8,79    | 8,17    | 14,15   | 14,15   | 11,80   |
| Netto gewicht blok                             | $G_{\text{netto}}$        | [kN]                 | $G_{\text{onderwater}} - F_{\text{opwaarts}}$ | 6,51    | 6,51    | 3,87    | 3,06    | 8,32    | 8,32    | 4,95    |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening stabiliteit individuele elementen golfklap**

Pagina: 4 of 5

|                                                           |                               |                      |                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Horizontale druk tgv stijghoogteverschil                  | P                             | [kN/m <sup>2</sup> ] |                                                                                                                                                         | 2,14        | 2,14        | 1,55        | 1,80        | 1,61        | 1,61        | 1,86        |
| Horizontale kracht tgv stijghoogteverschil                | F <sub>horizontaal</sub>      | [kN]                 |                                                                                                                                                         | 1,97        | 1,97        | 0,71        | 0,83        | 1,48        | 1,48        | 1,71        |
| <b>Resultaten Blok B</b>                                  |                               |                      |                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |             |             |
| Beschrijving                                              | Parameter                     | Eenheid              | Toelichting                                                                                                                                             | HA-01       | HA-03       | HA-04       | HA-06       | HA-08       | HA-09       | HA-10       |
| Stabiliteitsfactor tegen verplaatsen het talud uit Blok B | SF <sub>s</sub>               | [-]                  | >1,1                                                                                                                                                    | <b>1,92</b> | <b>1,92</b> | <b>3,15</b> | <b>2,14</b> | <b>3,26</b> | <b>3,26</b> | <b>1,68</b> |
| <b>Momentenevenwicht maatgevend punt</b>                  |                               |                      |                                                                                                                                                         | HA-01       | HA-03       | HA-04       | HA-06       | HA-08       | HA-09       | HA-10       |
| moment tgv druk achterzijde blok (aandrijvend)            | M <sub>aandrijvend</sub>      | kNm                  |                                                                                                                                                         | 0,45        | 0,45        | 0,16        | 0,19        | 0,34        | 0,34        | 0,39        |
| moment tgv druk onderzijde blok (aandrijvend)             | M <sub>aandrijvend</sub>      | kNm                  |                                                                                                                                                         | 17,89       | 17,89       | 8,64        | 6,80        | 11,73       | 11,73       | 6,51        |
| tegenwerkend moment                                       | M <sub>tegenwerkend</sub>     | kNm                  |                                                                                                                                                         | 20,76       | 20,76       | 10,38       | 7,92        | 15,84       | 15,84       | 7,96        |
| <b>Veiligheid tegen opdraaien Blok B</b>                  | <b>SFs</b>                    | <b>[-]</b>           | <b>&gt;1,1</b>                                                                                                                                          | <b>1,13</b> | <b>1,13</b> | <b>1,18</b> | <b>1,13</b> | <b>1,31</b> | <b>1,31</b> | <b>1,15</b> |
| <b>Resultaten Blok A</b>                                  |                               |                      |                                                                                                                                                         | HA-01       | HA-03       | HA-04       | HA-06       | HA-08       | HA-09       | HA-10       |
| Stijghoogteverschil achterzijde                           | φ <sub>achterzijde</sub>      | [m]                  | Sheet stijghoogteverschil                                                                                                                               | 0,73        | 0,73        | 0,72        | 0,74        | 0,63        | 0,63        | 0,71        |
| Stijghoogteverschil voorzijde                             | φ <sub>wmax;achterzijde</sub> | [m]                  | Sheet stijghoogteverschil                                                                                                                               |             |             |             | -0,37       |             |             |             |
| Opwaartse kracht tegen onderzijde blok                    | F <sub>opwaarts</sub>         | [kN]                 |                                                                                                                                                         |             |             |             | -1,00       |             |             |             |
| Netto gewicht blok                                        | G <sub>netto</sub>            | [kN]                 | Voor sectie HA-06 neerwaartse druk meegenomen, voor overige secties niet. Dus netto gewicht gelijk aan gewicht blok onder water (conservatieve aanname) | 25,32       | 25,32       | 12,66       | 12,23       | 22,46       | 22,46       | 16,75       |
| Horizontale kracht op blok A                              | F <sub>horizontaal</sub>      | [kN]                 |                                                                                                                                                         | 6,71        | 6,71        | 3,32        | 3,41        | 5,87        | 5,87        | 6,59        |
| Stabiliteitsfactor tegen verplaatsen het talud uit Blok A | sFs                           | [-]                  |                                                                                                                                                         | <b>2,19</b> | <b>2,19</b> | <b>2,21</b> | <b>2,08</b> | <b>2,22</b> | <b>2,22</b> | <b>1,48</b> |

|                                              |                           |         |              |
|----------------------------------------------|---------------------------|---------|--------------|
| <b>Momentenevenwicht blok A sectie HA-06</b> |                           |         |              |
| Beschrijving                                 | Parameter                 | Eenheid | HA-06        |
| Aandrijvend moment                           | M <sub>aandrijvend</sub>  | [kNm]   | 0,79         |
| Tegenwerkend moment                          | M <sub>tegenwerkend</sub> | [kNm]   | 10,96        |
| Veiligheidsfactor moment                     | sFs                       | [-]     | <b>13,96</b> |

# Bijlage

---

|             |                                                              |         |        |
|-------------|--------------------------------------------------------------|---------|--------|
| Project:    | Dijkversterking Den Oever                                    | Pagina: | 5 of 5 |
| Project nr: | 154670                                                       |         |        |
| Doc nr:     | 154670-REA-ENG-188                                           |         |        |
| Titel:      | <b>Berekening stabiliteit individuele elementen golfklap</b> |         |        |

---

## 5 STEENTOETS TABEL

|    | C                                                                                                                                                                                       | D | E            | F |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------|---|
| 1  | <b>Algemene waarden en instellingen</b>                                                                                                                                                 |   |              |   |
| 2  | Gebied                                                                                                                                                                                  |   | Waddenzee    |   |
| 3  | Volumieke massa van water [kg/m <sup>3</sup> ]                                                                                                                                          |   | 1025         |   |
| 4  | Tweede filterlaag aanwezig (ja/nee)                                                                                                                                                     |   | nee          |   |
| 5  | Geotextiel tussen toplaag en filter aanwezig (ja/nee)                                                                                                                                   |   | nee          |   |
| 6  | Gaten in blokken (ja/nee)                                                                                                                                                               |   | nee          |   |
| 7  | Profiel invoeren met coördinaten of taludhellingen (c/t)                                                                                                                                |   | t            |   |
| 9  | Toetsen op stroming (ja/nee)                                                                                                                                                            |   | nee          |   |
| 10 | Als $k_{si} > 2$ dan golfperiode verkleinen als dat maatgevend is voor de toplaagstabiliteit?                                                                                           |   | ja           |   |
| 11 | Ook hoog boven toetspeil gelegen bekleding doorrekenen?                                                                                                                                 |   | nee          |   |
| 13 | Rekenen met invloed golfrichting? (Alleen als in "Toetsgolven"/"Ontwerpgolven" golfcondities staan waarin de invloed van de golfrichting m.b.v. $(\cos\beta)^{2/3}$ is verdisconteerd.) |   | nee          |   |
| 15 | Wordt $T_p$ of $T_{m,-1,0}$ gegeven in de golventabellen?                                                                                                                               |   | $T_{m,-1,0}$ |   |
| 16 | Is er een breuksteenoverlaging of teenbestorting aanwezig?                                                                                                                              |   | nee          |   |
| 19 | Is er een bekleding of overlaging van polyurethaan gebonden breuksteen (PBA)? Alleen toepasbaar bij Toetsing.                                                                           |   | nee          |   |
| 29 | Informatie over rekenproces weergeven? (ja/nee)                                                                                                                                         |   | nee          |   |
| 30 | Activeer bijzondere menu-opties (zie documentatie)                                                                                                                                      |   | nee          |   |
| 31 | Steentoets configuratie mode                                                                                                                                                            |   | Alle opties  |   |

|    | A                                                      | B                                  | C      | D       | E              | F                             | G                  | H                  | I                                      | J               | O               | P                       | Q                                     | R                                    | S          | T                     | U    | V    | W               | X       |     |
|----|--------------------------------------------------------|------------------------------------|--------|---------|----------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|-----------------------|------|------|-----------------|---------|-----|
| 4  | STEENTOETS2015 versie 15.1.8.1, Deltares, oktober 2016 |                                    |        |         |                |                               | havendam           | richting           | voorland                               |                 | niveau          | niveau                  | helling                               | segmentbreedte                       | type       |                       |      |      |                 |         |     |
| 5  | fout?                                                  | Waddenzee                          | vlak-  | dwars-  | Subvakgrenzen  | of lage dam?<br>(blanco=dijk) | normaal<br>op dijk | niveau<br>bij teen | helling<br>$\tan\alpha_{\text{bodem}}$ | onder-<br>grens | boven-<br>grens | helling<br>$\tan\alpha$ | (alleen nodig<br>als $\tan\alpha=0$ ) | toplaag                              | onderlagen | D (D <sub>n50</sub> ) | B    | L    | sp<br>stootvoeg |         |     |
| 6  |                                                        | Naam van dijkvak                   | nummer | profiel | randvw. & vlak |                               |                    |                    |                                        |                 |                 |                         |                                       | (filter, geotex-<br>tiel, klei, etc) |            |                       |      |      |                 |         |     |
| 7  |                                                        |                                    | van    | tot     | ja/blanco      |                               |                    |                    |                                        |                 |                 |                         |                                       | [gr tov N]                           | [m NAP]    |                       |      |      |                 | [m NAP] | [m] |
| 8  |                                                        | Havendijk A - tpv Peilschaalgebouw | 2      | 1       | 0              | 10                            |                    | 0                  | 2,5                                    | 0,01            | 5,88            | 7                       | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,84 | 2               | 10      |     |
| 9  |                                                        | Havendijk A - tpv Vissershaven     | 2      | 3       | 20             | 30                            |                    | 0                  | 2,07                                   | 0,01            | 5,22            | 7                       | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,84 | 2               | 10      |     |
| 10 |                                                        | Havendijk A                        | 3A     | 4       | 30             | 40                            |                    | 0                  | 2,19                                   | 0,01            | 5,15            | 7,17                    | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,84 | 1               | 10      |     |
| 11 |                                                        | Havendijk A - Ondertalud           | 3B     | 6       | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 2,2             | 3,79                    | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 12 |                                                        | Havendijk A - Berm                 | 3B     | 6       | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 3,79            | 4,21                    | 0,02                                  |                                      | 1          | st ge kl              | 0,46 | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 13 |                                                        | Havendijk A - Boventalud           | 3B     | 6       | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 4,21            | 7,17                    | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 14 |                                                        | Havendijk A                        | 4A     | 8       | 70             | 80                            |                    | 0                  | 3,49                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,61 | 2               | 10      |     |
| 15 |                                                        | Havendijk A                        | 4B     | 9       | 80             | 90                            |                    | 0                  | 3,49                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,61 | 2               | 10      |     |
| 16 |                                                        | Havendijk A                        | 5      | 10      | 90             | 100                           |                    | 0                  | 4,07                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,4                                   |                                      | 11         | st ge kl              | 0,46 | 1,15 | 2               | 10      |     |
| 17 |                                                        |                                    |        |         |                |                               |                    |                    |                                        |                 |                 |                         |                                       |                                      |            |                       |      |      |                 |         |     |
| 18 |                                                        | Havendijk A - tpv Peilschaalgebouw | 202    | 102     | 0              | 10                            |                    | 0                  | 2,5                                    | 0,01            | 5,88            | 7                       | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,84 | 2               | 10      |     |
| 19 |                                                        | Havendijk A - tpv Vissershaven     | 202    | 302     | 20             | 30                            |                    | 0                  | 2,07                                   | 0,01            | 5,22            | 7                       | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,84 | 2               | 10      |     |
| 20 |                                                        | Havendijk A                        | 3A02   | 402     | 30             | 40                            |                    | 0                  | 2,19                                   | 0,01            | 5,15            | 7,17                    | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,84 | 1               | 10      |     |
| 21 |                                                        | Havendijk A - Ondertalud           | 3B02   | 602     | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 2,2             | 3,79                    | 0,25                                  |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 22 |                                                        | Havendijk A - Berm                 | 3B02   | 602     | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 3,79            | 4,21                    | 0,02                                  |                                      | 1          | st ge kl              | 0,2  | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 23 |                                                        | Havendijk A - Boventalud           | 3B02   | 602     | 60             | 70                            |                    | 0                  | 2,2                                    | 0,01            | 4,21            | 7,17                    | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,61 | 1               | 10      |     |
| 24 |                                                        | Havendijk A                        | 4A02   | 802     | 70             | 80                            |                    | 0                  | 3,49                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,61 | 2               | 10      |     |
| 25 |                                                        | Havendijk A                        | 4B02   | 902     | 80             | 90                            |                    | 0                  | 3,49                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,285714                              |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,61 | 2               | 10      |     |
| 26 |                                                        | Havendijk A                        | 502    | 1002    | 90             | 100                           |                    | 0                  | 4,07                                   | 0,01            | 5,15            | 6,7                     | 0,4                                   |                                      | 11         | st ge kl              | 0,2  | 1,15 | 2               | 10      |     |



|    | Y         | Z         | AA       | AH      | AI                   | AJ     | AK         | AL       | AM           | AN      | AP              | AT                  | AU   | AV   | AW     | AX      | BC         | BD    | BE                    | BF     | BG          | BH                |
|----|-----------|-----------|----------|---------|----------------------|--------|------------|----------|--------------|---------|-----------------|---------------------|------|------|--------|---------|------------|-------|-----------------------|--------|-------------|-------------------|
| 4  | TOPLAAG   |           |          |         |                      |        |            |          |              |         |                 | BOVENSTE FILTERLAAG |      |      |        |         | GEOTEXTIEL |       |                       |        |             |                   |
| 5  | oet       | open      | gaten in | karak.  | soortelijke          | inge-  | D15 inwas- | goed     | oneffenheden | ingiet- | geotextiel      | b                   | D15  | D50  | poro-  | 2e      | O90        | dikte | doorlatendheid        |        | dijkopbouw  | b <sub>klei</sub> |
| 6  | langsvoeg | oppervlak | steen?   | opening | massa                | wassen | materiaal  | geklemd  | havendam     | diepte  | tussen top-     | [m]                 | [mm] | [mm] | siteit | filter- | [mm]       | [mm]  | debiet/m2             | verval | gk/kl/kk/zs | [m]               |
| 7  | [mm]      | [%]       | ja/nee   | [mm]    | [kg/m <sup>3</sup> ] | ja/nee | [mm]       | ja/nee/? | [m]          | [m]     | laag en filter? |                     |      |      | [-]    | laag?   |            |       | [l/s/m <sup>2</sup> ] | [mm]   |             |                   |
| 8  | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,35                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 9  | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,35                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 10 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,39                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 11 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 12 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 13 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 14 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,33                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 15 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,33                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 16 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,3                 | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 17 |           |           |          |         |                      |        |            |          |              |         |                 |                     |      |      |        |         |            |       |                       |        |             |                   |
| 18 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,35                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 19 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,35                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 20 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,39                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 21 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 22 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 23 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,38                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 24 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,33                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 25 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,33                | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |
| 26 | 1         |           | nee      |         | 2400                 | nee    |            | nee      |              |         |                 | 0,3                 | 15   | 30   | 0,38   |         | 0,1        |       |                       |        | kl          | 1                 |

|    | BI        | BJ   | BK   | BL   | BM   | BN   | BO            | BP                         | BQ          | BR          | BS                           | BT      | BU          | BV              | BW     | BX         | BY        |
|----|-----------|------|------|------|------|------|---------------|----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|---------|-------------|-----------------|--------|------------|-----------|
| 4  | KLEI      |      |      | ZAND |      |      | type bovenste | >150 m brede               | goed-       | opmerkingen | HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN |         |             |                 |        |            |           |
| 5  | kwaliteit | D50  | D90  | D15  | D50  | D90  | overgangs-    | waterkering                | gekeurd bij |             | GHW                          | max.    | maatgevende | Waddenze        |        | golf-      | belasting |
| 6  | c1/c2/c3  |      |      |      |      |      | constructie   | op h <sub>loets</sub> - 3m | toetsing?   | input       | output                       |         |             |                 |        |            |           |
| 7  | g/m/w     | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | a0 ... c1     | j/n/?                      | ja/nee      |             | [m+NAP]                      | [m+NAP] | waterstand  | H <sub>m0</sub> | Tm-1,0 | invalshoek | duur      |
| 8  | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,43            | 4,82   | 0          | 1,7       |
| 9  | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,43            | 4,82   | 0          | 1,6       |
| 10 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,54            | 5,17   | 0          | 1,6       |
| 11 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 2,59        | 1,54            | 5,07   | 0          | 17,3      |
| 12 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    |             | #####           |        |            |           |
| 13 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 4,80        | 1,54            | 5,07   | 0          | 3,8       |
| 14 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,04            | 4,74   | 0          | 1,5       |
| 15 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,04            | 4,74   | 0          | 1,5       |
| 16 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 0,98            | 4,89   | 0          | 1,6       |
| 17 |           |      |      |      |      |      |               |                            |             |             |                              |         |             |                 |        |            |           |
| 18 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,43            | 4,82   | 0          | 1,7       |
| 19 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,43            | 4,82   | 0          | 1,6       |
| 20 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,54            | 5,17   | 0          | 1,6       |
| 21 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 2,59        | 1,54            | 5,07   | 0          | 17,3      |
| 22 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    |             | #####           |        |            |           |
| 23 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 4,80        | 1,54            | 5,07   | 0          | 3,8       |
| 24 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,04            | 4,74   | 0          | 1,5       |
| 25 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 1,04            | 4,74   | 0          | 1,5       |
| 26 | c1        |      |      |      |      |      | a0            |                            |             |             | 0,72                         | 5,15    | 5,15        | 0,98            | 4,89   | 0          | 1,6       |

|    | CA          | CB                 | CC              | DY           | EL            | EN            |
|----|-------------|--------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| 4  | AFSCHUIVING | MATERIAALTRANSPORT |                 | e filterlaag | k'stootvoegen | k'langsvoegen |
| 5  | Oordeel     | vanuit             | vanuit          | k1           | [m/s]         | [m/s]         |
| 6  |             | ondergrond         | granulaire laag |              |               |               |
| 7  |             |                    | door toplaag    | m/s          |               |               |
| 8  | nvt         | nvt                | nvt             | 0,1698       | 0,009223576   | 0,000687496   |
| 9  | nvt         | nvt                | nvt             | 0,1698       | 0,009223576   | 0,000687496   |
| 10 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,018486222   | 0,000687496   |
| 11 | goed        | goed               | goed            | 0,1698       | 0,018486222   | 0,000785666   |
| 12 | ?           | ?                  | ?               | 0,1698       | 1E+30         | 1E+30         |
| 13 | goed        | goed               | goed            | 0,1698       | 0,018486222   | 0,000785666   |
| 14 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,009223576   | 0,000785666   |
| 15 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,009223576   | 0,000785666   |
| 16 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,009223576   | 0,001099722   |
| 17 |             |                    |                 |              |               |               |
| 18 | nvt         | nvt                | nvt             | 0,1698       | 0,006549115   | 0,000596381   |
| 19 | nvt         | nvt                | nvt             | 0,1698       | 0,006549115   | 0,000596381   |
| 20 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,013147448   | 0,000596381   |
| 21 | goed        | goed               | goed            | 0,1698       | 0,013147448   | 0,000681562   |
| 22 | ?           | ?                  | ?               | 0,1698       | 1E+30         | 1E+30         |
| 23 | goed        | goed               | goed            | 0,1698       | 0,013147448   | 0,000681562   |
| 24 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,006549115   | 0,000681562   |
| 25 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,006549115   | 0,000681562   |
| 26 | nvt         | goed               | nvt             | 0,1698       | 0,006549115   | 0,000954089   |

|    | A                 | B      | C             | D       | F           | H                   | I          | J         | K                   | L          | M         | N                   | O          | P         | Q                   | R          | S         | T                   | U          | V         |
|----|-------------------|--------|---------------|---------|-------------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|
| 8  | gebied: Waddenzee |        | stormduur: 45 |         |             | tabel 1 voor zuilen |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |            |           |
| 9  | Locatie           |        | GLW           | GHW     | ontwerppeil | h = NAP+ 2,00       |            |           | h = NAP+ 3,00       |            |           | h = NAP+ 4,00       |            |           | h = NAP+ 5,00       |            |           | h = NAP+ 6,00       |            |           |
| 10 | van               | tot    | [m+NAP]       | [m+NAP] | [m+NAP]     | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] |
| 11 | 0,00              | 10,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         |
| 12 | 10,00             | 20,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         |
| 13 | 20,00             | 30,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         |
| 14 | 30,00             | 40,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         |
| 15 | 40,00             | 50,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         |
| 16 | 50,00             | 60,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         |
| 17 | 60,00             | 70,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         |
| 18 | 70,00             | 80,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         |
| 19 | 80,00             | 90,00  | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         |
| 20 | 90,00             | 100,00 | -0,82         | 0,72    | 5,15        | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         |

|    | W                   | X          | Y         | Z                   | AA         | AB        | AC                  | AD         | AE        | AF                   | AG         | AH        | AI                  | AJ         | AK        | AL                  | AM         | AN        | AO                  | AP         | AQ        | AR                  |
|----|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|
| 8  |                     |            |           |                     |            |           |                     |            |           | tabel 2 voor blokken |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |
| 9  | h = NAP+ 7,00       |            |           | h = NAP+ 8,00       |            |           | h = NAP+ 9,00       |            |           | h = NAP+ 2,00        |            |           | h = NAP+ 3,00       |            |           | h = NAP+ 4,00       |            |           | h = NAP+ 5,00       |            |           | h = NAP+            |
| 10 | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m]  | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] |
| 11 | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                |
| 12 | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                |
| 13 | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                |
| 14 | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                 | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                |
| 15 | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                 | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                |
| 16 | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                 | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                |
| 17 | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                 | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                |
| 18 | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                 | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                |
| 19 | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                 | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                |
| 20 | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                 | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                |

|    | AS         | AT        | AU                  | AV         | AW        | AX                  | AY         | AZ        | BA                  | BB         | BC        | CB                  |
|----|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|---------------------|
| 8  |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |            |           |                     |
| 9  | 6,00       |           | h = NAP+            | 7,00       |           | h = NAP+            | 8,00       |           | h = NAP+            | 9,00       |           | minimum             |
| 10 | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] | Tm-1,0 [s] | beta [gr] | H <sub>m0</sub> [m] |
| 11 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 0,50                |
| 12 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 0,50                |
| 13 | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 1,43                | 4,82       | 0         | 0,50                |
| 14 | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 0,50                |
| 15 | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 1,54                | 5,17       | 0         | 0,50                |
| 16 | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 1,49                | 5,00       | 0         | 0,50                |
| 17 | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 1,54                | 5,07       | 0         | 0,50                |
| 18 | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 0,50                |
| 19 | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 1,04                | 4,74       | 0         | 0,50                |
| 20 | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,98                | 4,89       | 0         | 0,5                 |



## **Bijlage 9    Berekeningssheet Van Doorslaer et al.**

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Van Doorslaer et al.**

Pagina: 1 of 3

## 1 REFERENTIES

- I. Van Doorslaer et al. (2012), Wave forces on Storm walls
- II. EurOtop (2016). Manual on wave overtopping of sea defences and related structures
- III. TAW (2003), Leidraad Kunstwerken
- IV. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25
- V. TAW (1999), Leidraad Zee- en meerdijken, basisrapport voor stormduur Waddenzee gebied
- VI. Rijkswaterstaat (2013), Kenmerkende waarden getijgebied 2011.0 voor maatgevend getij

## 2 FORMULES

$$1. R_c = D_{damwand} - SWL$$

$$2. h_{kade} = SWL - D_{kade}$$

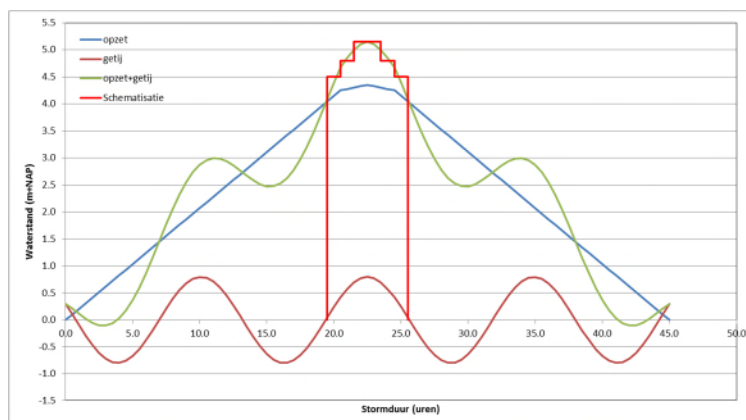
$$3. s_{m-1,0} = \frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{g \cdot T_{m-1,0}^2}$$

$$4. T_m = \frac{T_{m-1,0}}{1,08}$$

$$5. P_{trede} = F / 0,5$$

## 3 SCHEMATISATIE WATERSTAND

Voor Den Oever is er een schematisatie van de waterstand opgesteld aan de hand van Ref. V en Ref. VI. De schematisatie is gegeven in Figuur 1.



**Figuur 1: Schematisatie waterstand Den Oever**

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Van Doorslaer et al.**

Pagina: 2 of 3

| Input                                                               |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Gravatieversnelling                                                 | $g$             | [m/s <sup>2</sup> ]       | Algemene waarde                  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Ontwerp waterstand                                                  | MHW             | [m + NAP]                 | Ref. IV, Tabel 2                 | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  |
| Significante golfhoogte                                             | $H_s$           | [m]                       | Ref. IV, Tabel 4                 | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,54  | 1,54  |
| Kerende hoogte damwand                                              | $d_{damwand}$   | [m + NAP]                 | Doorsnede                        | 5,88  | 5,22  | 5,20  | 5,15  | 5,15  |
| Niveau kade                                                         | $d_{kade}$      | [m + NAP]                 | Doorsnede                        | 2,50  | 2,01  | 1,80  | 2,18  | 2,31  |
| Gemiddelde spectrale golfperiode                                    | $T_{m-1,0}$     | [s]                       | Ref. IV, Tabel 4                 | 4,82  | 4,82  | 4,82  | 5,17  | 5,17  |
| Invloedsfactor wind                                                 | $\gamma_w$      | [-]                       | Ref. II, §B2.4.1                 | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Invloedsfactor invalshoek golven                                    | $\gamma_\beta$  | [-]                       | Ref. IV, §5.4 (loodrechte inval) | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Invloedsfactor neusconstructie                                      | $\gamma_n$      | [-]                       | Geen neusconstructie             | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Duur van de stormpiek                                               | $T_{Stormpiek}$ | [uur]                     | Beschouwing §3                   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
| Tussenresultaten                                                    |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Vrijboord                                                           | $R_c$           | [m]                       | Formule 1.                       | 0,7   | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Waterdiepte op kade                                                 | $h_{kade}$      | [m]                       | Formule 2.                       | 2,7   | 3,1   | 3,4   | 3,0   | 2,8   |
| Golfsteilheid                                                       | $S_{m-1,0}$     | [-]                       | Formule 3.                       | 0,039 | 0,039 | 0,039 | 0,037 | 0,037 |
| Gem. optredend overslagdebiet                                       | $q$             | [m <sup>3</sup> /s per m] | Ref. II, Formule (7.7)           | 0,07  | 0,18  | 0,18  | 0,25  | 0,25  |
| Percentage overslaande golven                                       | $P_{ov}$        | [%]                       | Ref. II, Formule B2.10           | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |
| Gemiddelde golfperiode                                              | $T_m$           | [s]                       | Formule 4.                       | 4,46  | 4,46  | 4,46  | 4,79  | 4,79  |
| Aantal overslaande golven                                           | $N_{ov}$        | [-]                       | Ref. II, Formule B2.11           | 3227  | 3236  | 3231  | 3008  | 3008  |
| tbv overslagvolume                                                  | $a$             | [-]                       | Ref. II, §B2.4.1                 | 0,27  | 0,67  | 0,67  | 0,99  | 1,01  |
| Maximaal volume water die bij de hoogste golf over de damwand slaat | $V_{max}$       | [m <sup>3</sup> /m]       | Ref. II, Formule B2.12           | 4,31  | 10,90 | 10,90 | 15,90 | 16,26 |
| Kracht op een wand met een hoogte van 0.5 m (per m1)                | $F$             | kN/m                      | Ref. I, Formule (2)              | 9,7   | 24,4  | 24,4  | 35,6  | 36,4  |
| Resultaten                                                          |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Druk op trede                                                       | $P_{Trede}$     | kN/m <sup>2</sup>         | Formule 5.                       | 19,3  | 48,8  | 48,8  | 71,2  | 72,9  |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
 Project nr: 154670  
 Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
 Titel: **Berekening Van Doorslaer et al.**

Pagina: 3 of 3

| Input                                                               |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Gravitatieversnelling                                               | $g$             | [m/s <sup>2</sup> ]       | Algemene waarde                  | -     | -     | -     | -     | -     |
| Ontwerp waterstand                                                  | MHW             | [m + NAP]                 | Ref. IV, Tabel 2                 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Significante golfhoogte                                             | $H_s$           | [m]                       | Ref. IV, Tabel 4                 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Kerende hoogte damwand                                              | $d_{damwand}$   | [m + NAP]                 | Doorsnede                        | -     | -     | -     | -     | -     |
| Niveau kade                                                         | $d_{kade}$      | [m + NAP]                 | Doorsnede                        | -     | -     | -     | -     | -     |
| Gemiddelde spectrale golfperiode                                    | $T_{m-1,0}$     | [s]                       | Ref. IV, Tabel 4                 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Invloedsfactor wind                                                 | $\gamma_w$      | [-]                       | Ref. II, §B2.4.1                 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Invloedsfactor invalshoek golven                                    | $\gamma_\beta$  | [-]                       | Ref. IV, §5.4 (loodrechte inval) | -     | -     | -     | -     | -     |
| Invloedsfactor neusconstructie                                      | $\gamma_n$      | [-]                       | Geen neusconstructie             | -     | -     | -     | -     | -     |
| Duur van de stormpiek                                               | $T_{Stormpiek}$ | [uur]                     | Beschouwing §3                   | -     | -     | -     | -     | -     |
| Tussenresultaten                                                    |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Vrijboord                                                           | $R_c$           | [m]                       | Formule 1.                       | -     | -     | -     | -     | -     |
| Waterdiepte op kade                                                 | $h_{kade}$      | [m]                       | Formule 2.                       | -     | -     | -     | -     | -     |
| Golfsteilheid                                                       | $S_{m-1,0}$     | [-]                       | Formule 3.                       | -     | -     | -     | -     | -     |
| Gem. optredend overslagdebiet                                       | $q$             | [m <sup>3</sup> /s per m] | Ref. II, Formule (7.7)           | -     | -     | -     | -     | -     |
| Percentage overslaande golven                                       | $P_{ov}$        | [%]                       | Ref. II, Formule B2.10           | -     | -     | -     | -     | -     |
| Gemiddelde golfperiode                                              | $T_m$           | [s]                       | Formule 4.                       | -     | -     | -     | -     | -     |
| Aantal overslaande golven                                           | $N_{ov}$        | [-]                       | Ref. II, Formule B2.11           | -     | -     | -     | -     | -     |
| tbv overslagvolume                                                  | $a$             | [-]                       | Ref. II, §B2.4.1                 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Maximaal volume water die bij de hoogste golf over de damwand slaat | $V_{max}$       | [m <sup>3</sup> /m]       | Ref. II, Formule B2.12           | -     | -     | -     | -     | -     |
| Kracht op een wand met een hoogte van 0.5 m (per m1)                | $F$             | kN/m                      | Ref. I, Formule (2)              | -     | -     | -     | -     | -     |
| Resultaten                                                          |                 |                           |                                  |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                                        | Parameter       | Eenheid                   | Toelichting                      | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Druk op trede                                                       | $P_{Trede}$     | kN/m <sup>2</sup>         | Formule 5.                       | -     | -     | -     | -     | -     |

## **Bijlage 10 Berekeningssheet Führböter en Sparboom**

Project: Dijkversterking Den Oever

Pagina: 1 of 2

Project nr: 154670

Doc nr: 154670-REA-ENG-188

Titel: **Berekening Fuhrboter en Sparboom**

---

## 1 REFERENTIES

- I. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25

## 2 FORMULES

1.  $h_{kade} = MHW - d_{kade}$

2.  $H_{gem} = 0,8 * H_s$

3.  $P_{\max_{99,9}} = 24 \cdot \frac{1}{\cot \alpha} \cdot \rho_w \cdot g \cdot H_{gem}$

4.  $P_{\min_{99,9}} = P_{\max_{99,9}} \left( 1 - \frac{h_{trede}}{H_{gem}} \right)$

5.  $P_{gem} = \frac{P_{\max_{99,9}} + P_{\min_{99,9}}}{2}$



# Memo

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Fuhrboter en Sparboom**

Pagina: 2 of 2

| Input                       |                       |                      |                 |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Gravitatieversnelling       | g                     | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Maatgevend hoogwater        | MHW                   | [m + NAP]            | Ref. I, Tabel 2 | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  |
| Significante golfhoogte     | H <sub>s</sub>        | [m]                  | Ref. I, Tabel 4 | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,54  | 1,54  |
| Niveau kade                 | d <sub>kade</sub>     | [m + NAP]            | Doorsnede       | 2,50  | 2,01  | 2,07  | 2,19  | 2,31  |
| Taludhelling                | tan α                 | [-]                  | Doorsnede       | 0,25  | 0,25  | 0,25  | 0,25  | 0,25  |
| Soortelijk gewicht zeewater | ρ <sub>w</sub>        | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. I, Tabel 5 | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  |
| Hoogte trede                | h <sub>trede</sub>    | [m]                  | Blokdikte       | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  |
| Tussenresultaten            |                       |                      |                 |       |       |       |       |       |
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Waterdiepte op de kade      | h <sub>kade</sub>     | [m]                  | Formule 1.      | 2,65  | 3,14  | 3,08  | 2,96  | 2,84  |
| Gemiddelde golfhoogte       | H <sub>gem</sub>      | [m]                  | Formule 2.      | 1,14  | 1,14  | 1,14  | 1,23  | 1,23  |
| Maximale (piek-)druk        | P <sub>max_99,9</sub> | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 3.      | 69,0  | 69,0  | 69,0  | 74,3  | 74,3  |
| Minimale druk               | P <sub>min_99,9</sub> | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 4.      | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 46,6  | 46,6  |
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Druk op trede               | P <sub>Trede</sub>    | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 5.      | 55,1  | 55,1  | 55,1  | 60,5  | 60,5  |

| Input                       |                       |                      |                 |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Gravitatieversnelling       | g                     | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Maatgevend hoogwater        | MHW                   | [m + NAP]            | Ref. I, Tabel 2 | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15  |
| Significante golfhoogte     | H <sub>s</sub>        | [m]                  | Ref. I, Tabel 4 | 1,54  | 1,54  | 1,04  | 1,04  | 0,98  |
| Niveau kade                 | d <sub>kade</sub>     | [m + NAP]            | Doorsnede       | 3,90  | 3,67  | 3,49  | 3,49  | 4,07  |
| Taludhelling                | tan α                 | [-]                  | Doorsnede       | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,40  |
| Soortelijk gewicht zeewater | ρ <sub>w</sub>        | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. I, Tabel 5 | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  | 1025  |
| Hoogte trede                | h <sub>trede</sub>    | [m]                  | Blokdikte       | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  |
| Tussenresultaten            |                       |                      |                 |       |       |       |       |       |
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Waterdiepte op de kade      | h <sub>kade</sub>     | [m]                  | Formule 1.      | 1,30  | 1,48  | 1,66  | 1,66  | 1,08  |
| Gemiddelde golfhoogte       | H <sub>gem</sub>      | [m]                  | Formule 2.      | 1,23  | 1,23  | 0,83  | 0,83  | 0,78  |
| Maximale (piek-)druk        | P <sub>max_99,9</sub> | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 3.      | 84,9  | 84,9  | 57,4  | 57,4  | 75,7  |
| Minimale druk               | P <sub>min_99,9</sub> | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 4.      | 53,2  | 53,2  | 25,6  | 25,6  | 31,3  |
| Aspect                      | Symbool               | Unit                 | Toelichting     | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Druk op trede               | P <sub>Trede</sub>    | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 5.      | 69,1  | 69,1  | 41,5  | 41,5  | 53,5  |

## **Bijlage 11 Berekeningssheet Goda &Takahashi en Morihira & Kunita**

Project: Dijkversterking Den Oever

Pagina: 1 of 5

Project nr: 154670

Doc nr: 154670-REA-ENG-188

Titel: **Berekening Goda&Takahashi en Morihira&Kunita**

---

## 1 REFERENTIES

- I. TAW (2003), Leidraad Kunstwerken, TAW Rapport Mei 2003.
- II. Tsinker, G.P., 1997. Handbook of Port and Harbor Engineering. Geotechnical and Structural aspects.
- III. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25
- IV. G. van Vledder (2016). Golfperioden Hoogwaterkering Den Oever, 19 december 2016.

## 2 FORMULES

Niet alle formules worden hier benoemd. Naar de formules die niet in deze paragraaf worden benoemd, wordt naar gerefereerd in de tabel.

1.  $h_{kade} = MHW - d_{kade}$

2.  $h_{haven} = MHW - d_{haven}$

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Goda&Takahashi en Morihira&Kunita**

Pagina: 2 of 5

| Input                       |               |                      |                                            |       |       |       |        |       |
|-----------------------------|---------------|----------------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Beschrijving                | Parameter     | Eenheid              | Toelichting                                | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04  | HA-05 |
| Gravitatieversnelling       | $g$           | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                            | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81   | 9,81  |
| Ontwerp waterstand          | MHW           | [m + NAP]            | Ref. III, Tabel 2                          | 5,15  | 5,15  | 5,15  | 5,15   | 5,15  |
| Significante golfhoogte     | $H_s$         | [m]                  | Ref. III, Tabel 4                          | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,54   | 1,54  |
| Hoek van golfinval          | $\beta$       | [°]                  | Ref. III, §5.4                             | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 0,0   |
| Golf piekperiode            | $T_p$         | [s]                  | Ref. IV, Tabel 3                           | 7,87  | 7,87  | 7,87  | 7,87   | 7,87  |
| Taludhelling                | $\tan \alpha$ | [-]                  | Doorsnede                                  | 0,25  | 0,25  | 0,25  | 0,25   | 0,25  |
| Soortelijk gewicht zeewater | $\rho_w$      | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 5                          | 1025  | 1025  | 1025  | 1025   | 1025  |
| Soortelijk gewicht beton    | $\rho_b$      | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 13                         | 2400  | 2400  | 2400  | 2400   | 2400  |
| Hoogte trede                | $h_{trede}$   | [m]                  | Blokdikte                                  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46   | 0,46  |
| Niveau kade                 | $d_{kade}$    | [m + NAP]            | Doorsnede                                  | 2,50  | 2,01  | 2,07  | 2,19   | 2,31  |
| Bodemniveau haven           | $d_{haven}$   | [m + NAP]            | Ref. III, §5.1                             | -5,0  | -5,0  | -5,0  | -5,0   | -5,0  |
| Breedte van de kade         | $B_{kade}$    | [m]                  | Doorsnede                                  | 15    | 15    | 41    | 57     | 53    |
| Lengte talud voor kade      | $L_{talud}$   | [m]                  | Verticale wand $\rightarrow L_{talud} = 0$ | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 0,0   |
| Tussenresultaten            |               |                      |                                            |       |       |       |        |       |
| Beschrijving                | Parameter     | Eenheid              | Toelichting                                | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04  | HA-05 |
| Waterdiepte op de kade      | $h_{kade}$    | [m]                  | Formule 1.                                 | 2,65  | 3,14  | 3,08  | 2,96   | 2,84  |
| Waterdiepte voor kade       | $h_{haven}$   | [m]                  | Formule 2.                                 | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,2   | 10,15 |
| Golflengte op diep water    | $L_{0,p}$     | [m]                  | Ref. I, Formule (B5.6)                     | 96,7  | 96,7  | 96,7  | 96,7   | 96,7  |
| Bermhoogte                  | $h'_b$        | [m]                  | Ref. I, §B5.4                              | 7,50  | 7,01  | 7,07  | 7,19   | 7,31  |
| Equivalentente bermbreedte  | $B_{eq}$      | [m]                  | Ref. I, §B5.4                              | 15,00 | 15,00 | 41,00 | 57,00  | 53,00 |
| Dimensieloze bermhoogte     | $h_b^*$       | [-]                  | Ref. I, §B5.4                              | 0,74  | 0,69  | 0,70  | 0,71   | 0,72  |
| Dimensieloze golfhoogte     | $H_s^*$       | [-]                  | Ref. I, §B5.4                              | 0,14  | 0,14  | 0,14  | 0,15   | 0,15  |
| Dimensieloze bermbreedte    | $B^*$         | [-]                  | Ref. I, §B5.4                              | 0,16  | 0,16  | 0,42  | 0,59   | 0,55  |
| Modificatiefactor           | $\lambda_1$   | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.3                          | 1     | 1     | 1     | 1      | 1     |
| Modificatiefactor           | $\lambda_2$   | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.3                          | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00   | 1,00  |
| Maximale golfhoogte         | $H_{0,1\%}$   | [m]                  | Ref. III, Bijlage 1                        | 2,574 | 2,574 | 2,574 | 2,77   | 2,772 |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha_1$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,89  | 0,89  | 0,89  | 0,89   | 0,89  |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha_2$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,23  | 0,15  | 0,16  | 0,21   | 0,23  |
| Coefficient                 | $\delta_{11}$ | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,1   | 0,1   | 0,3   | 0,476  | 0,4   |
| Coefficient                 | $\delta_1$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 1,2   | 1,0   | 4,8   | 7,134  | 6,6   |
| Coefficient                 | $\delta_{22}$ | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,1   | 0,1   | 0,0   | -0,068 | 0,0   |
| Coefficient                 | $\delta_2$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,3   | 0,2   | -0,1  | -0,334 | -0,2  |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha_n$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,5   | 0,7   | 0,0   | 0,002  | 0,0   |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha_m$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 1,0   | 0,8   | 0,8   | 0,936  | 1,0   |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha_l$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,5   | 0,5   | 0,0   | 0,001  | 0,0   |
| Golfdrukcoefficient         | $\alpha^*$    | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                          | 0,5   | 0,5   | 0,2   | 0,2    | 0,2   |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Goda&Takahashi en Morihira&Kunita**

Pagina: 3 of 5

|                          |                  |                      |                        |              |              |              |              |              |
|--------------------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Golfdruk op de waterlijn | $p_1$            | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, §B5.5.2.1      | 36,0         | 36,8         | 27,2         | 30,5         | 31,1         |
| Modificatiefactor        | $\lambda_{sl}$   | [-]                  | Ref. II, Formule 10-49 | 17,0         | 17,0         | 17,0         | 17,0         | 17,0         |
| <b>Resultaten</b>        |                  |                      |                        |              |              |              |              |              |
| <b>Beschrijving</b>      | <b>Parameter</b> | <b>Eenheid</b>       | <b>Toelichting</b>     | <b>HA-01</b> | <b>HA-02</b> | <b>HA-03</b> | <b>HA-04</b> | <b>HA-05</b> |
| Druk op trede            | $p_{trede}$      | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. II, Formule 10-47 | 148,5        | 151,8        | 112,1        | 125,9        | 128,4        |

# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever

Pagina: 4 of 5

Project nr: 154670

Doc nr: 154670-REA-ENG-188

Titel: **Berekening Goda&Takahashi en Morihira&Kunita**

| Input                       |                             |                      |                                         |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                | Parameter                   | Eenheid              | Toelichting                             | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Gravatieversnelling         | g                           | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                         | -     | -     | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Ontwerp waterstand          | MHW                         | [m + NAP]            | Ref. III, Tabel 2                       | -     | -     | 5,15  | 5,15  | 5,15  |
| Significante golfhoogte     | H <sub>s</sub>              | [m]                  | Ref. III, Tabel 4                       | -     | -     | 1,04  | 1,04  | 0,98  |
| Hoek van golfinval          | β                           | [°]                  | Ref. III, §5.4                          | -     | -     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Golf piekperiode            | T <sub>p</sub>              | [s]                  | Ref. IV, Tabel 3                        | -     | -     | 7,87  | 7,87  | 7,87  |
| Taludhelling                | tan α                       | [-]                  | Doorsnede                               | -     | -     | 0,29  | 0,29  | 0,40  |
| Soortelijk gewicht zeewater | ρ <sub>w</sub>              | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 5                       | -     | -     | 1025  | 1025  | 1025  |
| Soortelijk gewicht beton    | ρ <sub>b</sub>              | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. III, Tabel 13                      | -     | -     | 2400  | 2400  | 2400  |
| Hoogte trede                | h <sub>trede</sub>          | [m]                  | Blokdikte                               | -     | -     | 0,46  | 0,46  | 0,46  |
| Niveau kade                 | d <sub>kade</sub>           | [m + NAP]            | Doorsnede                               | -     | -     | 3,49  | 3,34  | 3,34  |
| Bodemniveau haven           | d <sub>haven</sub>          | [m + NAP]            | Ref. III, §5.1                          | -     | -     | -5,0  | -5,0  | -5,0  |
| Breedte van de kade         | B <sub>kade</sub>           | [m]                  | Doorsnede                               | -     | -     | 52    | 51    | 50    |
| Lengte talud voor kade      | L <sub>talud</sub>          | [m]                  | Verticale wand → L <sub>talud</sub> = 0 | -     | -     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Tussenresultaten            |                             |                      |                                         |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                | Parameter                   | Eenheid              | Toelichting                             | HA-06 | HA-07 | HA-08 | HA-09 | HA-10 |
| Waterdiepte op de kade      | h <sub>kade</sub>           | [m]                  | Formule 1.                              | -     | -     | 1,66  | 1,81  | 1,81  |
| Waterdiepte voor kade       | h <sub>haven</sub>          | [m]                  | Formule 2.                              | -     | -     | 10,15 | 10,15 | 10,15 |
| Golflengte op diep water    | L <sub>0,p</sub>            | [m]                  | Ref. I, Formule (B5.6)                  | -     | -     | 96,7  | 96,7  | 96,7  |
| Bermhoogte                  | h' <sub>b</sub>             | [m]                  | Ref. I, §B5.4                           | -     | -     | 8,49  | 8,34  | 8,34  |
| Equivalente bermbreedte     | B <sub>eq</sub>             | [m]                  | Ref. I, §B5.4                           | -     | -     | 52,00 | 51,00 | 50,00 |
| Dimensieloze bermhoogte     | h <sub>b</sub> <sup>*</sup> | [-]                  | Ref. I, §B5.4                           | -     | -     | 0,84  | 0,82  | 0,82  |
| Dimensieloze golfhoogte     | H <sub>s</sub> <sup>*</sup> | [-]                  | Ref. I, §B5.4                           | -     | -     | 0,10  | 0,10  | 0,10  |
| Dimensieloze bermbreedte    | B <sup>*</sup>              | [-]                  | Ref. I, §B5.4                           | -     | -     | 0,54  | 0,53  | 0,52  |
| Modificatiefactor           | λ <sub>1</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.3                       | -     | -     | 1     | 1     | 1     |
| Modificatiefactor           | λ <sub>2</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.3                       | -     | -     | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| Maximale golfhoogte         | H <sub>0,1%</sub>           | [m]                  | Ref. III, Bijlage 1                     | -     | -     | 1,872 | 1,872 | 1,764 |
| Golfdrukcoefficient         | α <sub>1</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,89  | 0,89  | 0,89  |
| Golfdrukcoefficient         | α <sub>2</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,35  | 0,29  | 0,26  |
| Coefficient                 | δ <sub>11</sub>             | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,5   | 0,5   | 0,4   |
| Coefficient                 | δ <sub>1</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 7,1   | 6,9   | 6,7   |
| Coefficient                 | δ <sub>22</sub>             | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| Coefficient                 | δ <sub>2</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,2   | 0,2   | 0,2   |
| Golfdrukcoefficient         | α <sub>n</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Golfdrukcoefficient         | α <sub>m</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 1,1   | 1,0   | 1,0   |
| Golfdrukcoefficient         | α <sub>l</sub>              | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2                       | -     | -     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |



# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening Goda&Takahashi en Morihira&Kunita**

Pagina: 5 of 5

|                          |                  |                      |                        |              |              |              |              |              |
|--------------------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Golfdrukcoefficient      | $\alpha^*$       | [-]                  | Ref. I, §B5.5.2.2      | -            | -            | 0,4          | 0,3          | 0,3          |
| Golfdruk op de waterlijn | $p_1$            | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. I, §B5.5.2.1      | -            | -            | 23,4         | 22,2         | 20,4         |
| Modificatiefactor        | $\lambda_{sl}$   | [-]                  | Ref. II, Formule 10-49 | -            | -            | 13,3         | 13,3         | 7,3          |
| <b>Resultaten</b>        |                  |                      |                        |              |              |              |              |              |
| <b>Beschrijving</b>      | <b>Parameter</b> | <b>Eenheid</b>       | <b>Toelichting</b>     | <b>HA-06</b> | <b>HA-07</b> | <b>HA-08</b> | <b>HA-09</b> | <b>HA-10</b> |
| Druk op trede            | $p_{trede}$      | [kN/m <sup>2</sup> ] | Ref. II, Formule 10-47 | -            | -            | 85,2         | 81,0         | 54,9         |

## **Bijlage 12 Berekeningssheet verticaal opdrukken**

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Berekening verticaal opdrukken**

---

Pagina: 1 of 2

## 1 REFERENTIES

- I. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25
- II. Ontwerpmethodiek getrapte bekleding primaire waterkering Den Oever, C03011.000270.4101

## 2 FORMULES

1.  $\phi_{max} = P_{trede} \cdot f_{belasting}$

2.  $D_{min} = \frac{1}{\rho_b \cdot g} \cdot \phi_{max}$

# Bijlage

|             |                                       |         |        |
|-------------|---------------------------------------|---------|--------|
| Project:    | Dijkversterking Den Oever             | Pagina: | 2 of 2 |
| Project nr: | 154670                                |         |        |
| Doc nr:     | 154670-REA-ENG-188                    |         |        |
| Titel:      | <b>Berekening verticaal opdrukken</b> |         |        |

| Input                                   |                     |                      |                                 |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Gravatieversnelling                     | $g$                 | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                 | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  | 9,81  |
| Druk op trede                           | $P_{Trede}$         | [kN/m <sup>2</sup> ] | Bepaald met analytische methode | 20    | 49    | 49    | 71    | 73    |
| Veiligheidsfactor belasting             | $f_{belasting}$     | [-]                  | Ref. I, §5.4                    | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 1,25  |
| Soortelijk gewicht beton                | $\rho_b$            | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. I, Tabel 13                | 2400  | 2400  | 2400  | 2400  | 2400  |
| Blokdikte                               | $D$                 | [m]                  | Doorsnede                       | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,46  |
| Leklengte                               | $\Lambda$           | [m]                  | Uit Steentoets kolom EX         | 1,44  | 1,44  | 1,44  | 1,44  | 1,44  |
| Tussenresultaten                        |                     |                      |                                 |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Maximaal stijghoogteverschil over trede | $\phi_{max}$        | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 1.                      | 25    | 61,25 | 61,25 | 88,75 | 91,25 |
| Relatief stijghoogteverschil            | $\phi_{max}/\phi_a$ | [-]                  | Ref. II, Figuur 13              | 0,10  | 0,10  | 0,10  | 0,10  | 0,10  |
| Stijghoogte onder trede                 | $\phi_a$            | [kN/m <sup>2</sup> ] | -                               | 2,5   | 6,125 | 6,125 | 8,875 | 9,125 |
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-01 | HA-02 | HA-03 | HA-04 | HA-05 |
| Minimale dikte top laag                 | $D_{min}$           | [m]                  | Formule 2.                      | 0,11  | 0,26  | 0,26  | 0,38  | 0,39  |

| Input                                   |                     |                      |                                 |       |       |        |        |       |
|-----------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-06 | HA-07 | HA-08  | HA-09  | HA-10 |
| Gravatieversnelling                     | $g$                 | [m/s <sup>2</sup> ]  | Algemene waarde                 | 9,81  | 9,81  | 9,81   | 9,81   | 9,81  |
| Druk op trede                           | $P_{Trede}$         | [kN/m <sup>2</sup> ] | Bepaald met analytische methode | 69    | 69    | 85     | 81     | 55    |
| Veiligheidsfactor belasting             | $f_{belasting}$     | [-]                  | Ref. I, §5.4                    | 1,25  | 1,25  | 1,25   | 1,25   | 1,25  |
| Soortelijk gewicht beton                | $\rho_b$            | [kg/m <sup>3</sup> ] | Ref. I, Tabel 13                | 2400  | 2400  | 2400   | 2400   | 2400  |
| Blokdikte                               | $D$                 | [m]                  | Doorsnede                       | 0,46  | 0,46  | 0,46   | 0,46   | 0,46  |
| Leklengte                               | $\Lambda$           | [m]                  | Uit Steentoets kolom EX         | 1,35  | 1,35  | 1,35   | 1,35   | 1,15  |
| Tussenresultaten                        |                     |                      |                                 |       |       |        |        |       |
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-06 | HA-07 | HA-08  | HA-09  | HA-10 |
| Maximaal stijghoogteverschil over trede | $\phi_{max}$        | [kN/m <sup>2</sup> ] | Formule 1.                      | 86,3  | 86,25 | 106,25 | 101,25 | 68,75 |
| Relatief stijghoogteverschil            | $\phi_{max}/\phi_a$ | [-]                  | Ref. II, Figuur 13              | 0,10  | 0,10  | 0,10   | 0,10   | 0,10  |
| Stijghoogte onder trede                 | $\phi_a$            | [kN/m <sup>2</sup> ] | -                               | 8,6   | 8,625 | 10,625 | 10,125 | 6,875 |
| Beschrijving                            | Parameter           | Eenheid              | Toelichting                     | HA-06 | HA-07 | HA-08  | HA-09  | HA-10 |
| Minimale dikte top laag                 | $D_{min}$           | [m]                  | Formule 2.                      | 0,37  | 0,37  | 0,45   | 0,43   | 0,29  |

## **Bijlage 13 PLAXIS berekening**

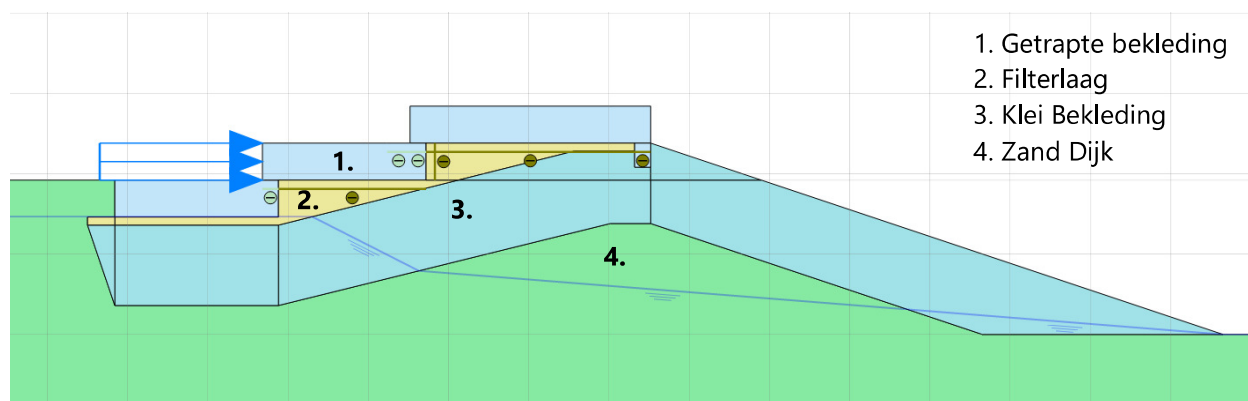
## Effect golfklap op getrapte bekleding

In deze notitie is het effect van de maatgevende golfklap op een blok van de getrapte bekleding voor gedefinieerde dwarsprofielen onderzocht. De mate waarmee een blok de dijk wordt ingedrukt als gevolg van deze golfklap is onderzocht. De golfklap is geschematiseerd als een verdeelde belasting, welke aangrijpt op één blok van de getrapte bekleding. De opbouw van de dijk is eerder bepaald en de sterkte- en stijfheidseigenschappen van verschillende grondsoorten volgen uit de Uitgangspuntennota Dijken, tenzij anders vermeld.

In Tabel 1 zijn de uitgangspunten voor de berekening van het effect van de golfklap op de blokken van de getrapte bekleding gepresenteerd.

Tabel 1 Uitgangspunten berekening effect golfklap op getrapte bekleding

| DWP            | Blok-hoogte [m] | Lengte blok (in dwars-doorsnede) [m] | Helling talud | Overlap blokken [m] | Belasting golfklap trede [kN/m <sup>2</sup> ] | Minimale dikte filterlaag [m] | Dikte kleilaag [m] |
|----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| <b>2 (psg)</b> | 0,46            | 2,04                                 | 1:4,0         | 0,20                | 36,4                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>2</b>       | 0,46            | 2,04                                 | 1:4,0         | 0,20                | 57,4                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>3A</b>      | 0,46            | 2,04                                 | 1:4,0         | 0,20                | 83,8                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>3B</b>      | 0,46            | 1,81                                 | 1:3,5         | 0,20                | 86,4                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>4A / 4B</b> | 0,46            | 1,81                                 | 1:3,5         | 0,20                | 51,9                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>5.1</b>     | 0,46            | 1,35                                 | 1:2,5         | 0,20                | 56,6                                          | 0,10                          | 1,0                |
| <b>5</b>       | 0,46            | 1,35                                 | 1:2,5         | 0,20                | 56,6                                          | 0,10                          | 1,0                |



Figuur 1 Schematisering PLAXIS model (dwp 2) golfklap getrapte bekleding

Modelaspecten:

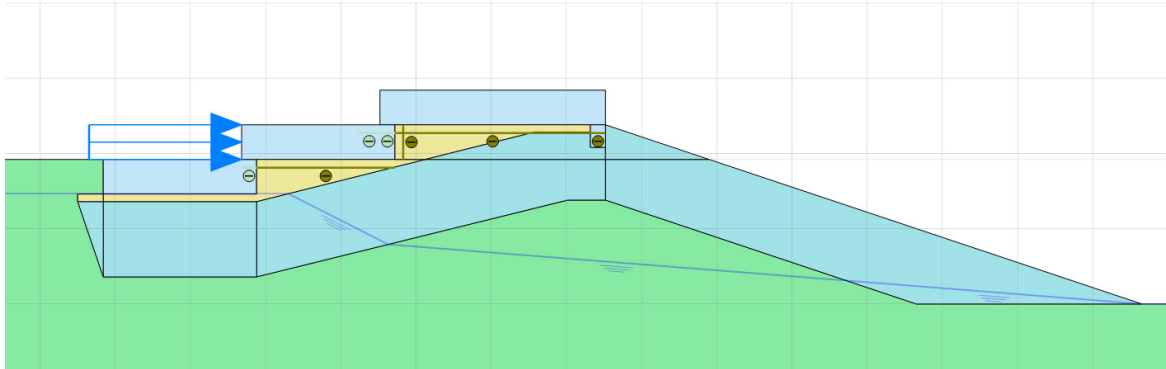
- Tussen het blok waarop de golfklap aangrijpt en het onder- en bovenliggende blok is een interface gedefinieerd. Op deze manier kan het blok los van de andere blokken de dijk in worden gedrukt. Deze interface heeft een  $R_{inter}$  met waarde 0,10 om het onzekere gunstige effect van de inklemming van de blokken te minimaliseren. Daarnaast is een interface tussen het blok waarop de golfklap aangrijpt en de omliggende grond gedefinieerd om de wrijving tussen de grond en het blok te modelleren.

- Sterkte en stijfheidsparameters van het zand in de dijk en de kleibekleding volgen uit de Uitgangspuntennota Dijken. Voor de modelparameters van de filterlaag zijn de sterkte- en stijfheids eigenschappen van losgepakt grind uit tabel 2b van NEN 9997-1 gehanteerd.
- De belasting van de golfklap is gemodelleerd als een lijnlast op een enkel blok van de getrapte bekleding.
- Vanwege de korte duur van de belasting t.o.v. de respons van het systeem is de stijfheid van de filterlaag en de kleibekleding met een factor drie verhoogd om het dynamische karakter van de belasting in rekening te brengen.
- De waterstand buitenwaarts is gebaseerd op MWH 2070, welke door loopt tot de kleibekleding buitenwaarts. De freatische lijn verloopt lineair door de dijk.
- Om tot rekenwaarden voor de sterkte parameters van grondsoorten te komen zijn de volgende basis materiaalfactoren toegepast conform Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken (2012):
  - Zand -  $\tan(\phi)$ :  $\gamma_m = 1,10$
  - Klei -  $\tan(\phi)$  :  $\gamma_m = 1,20$  ,  $c'$  :  $\gamma_m = 1,25$

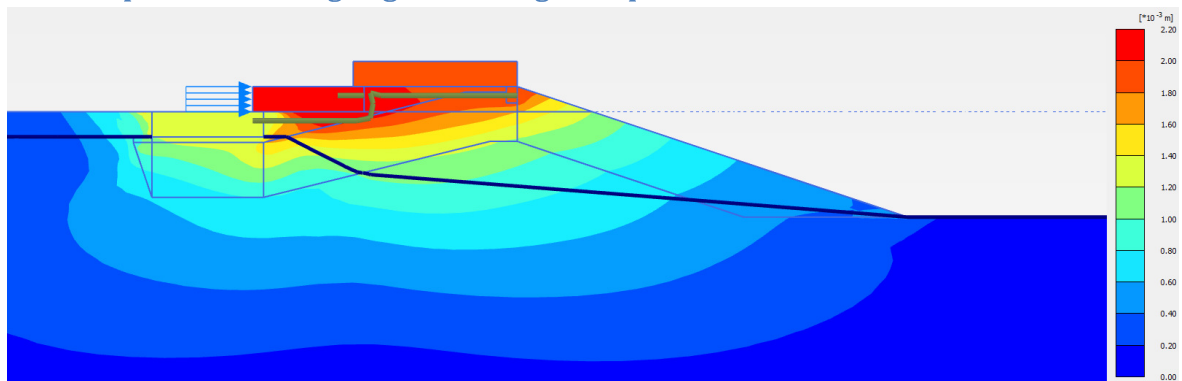


## Dwarsprofiel 2 (psg)

### Model

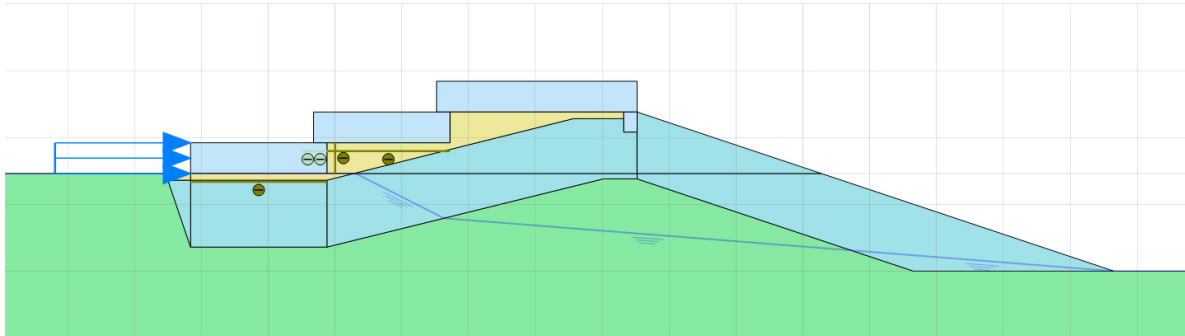


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

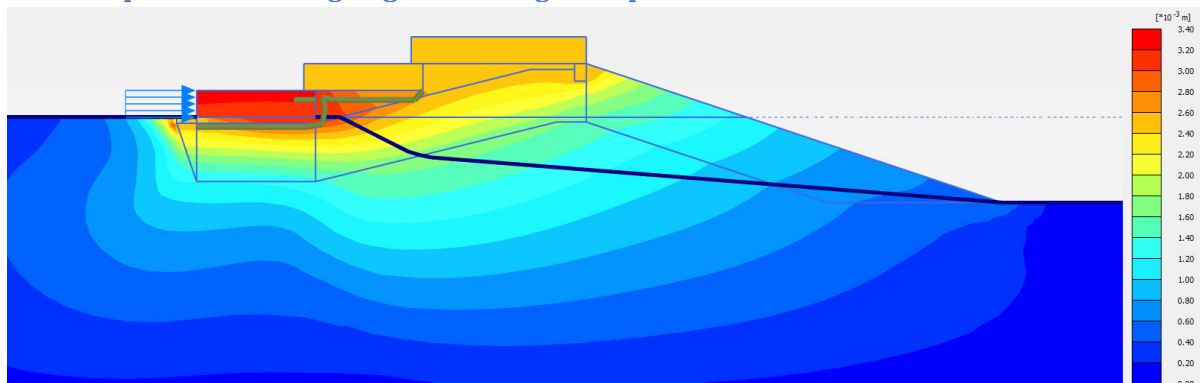


## Dwarsprofiel 2

### Model

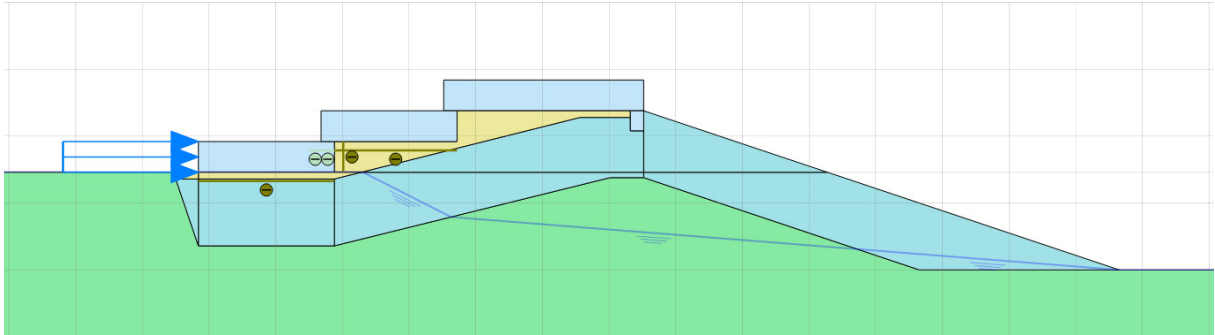


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

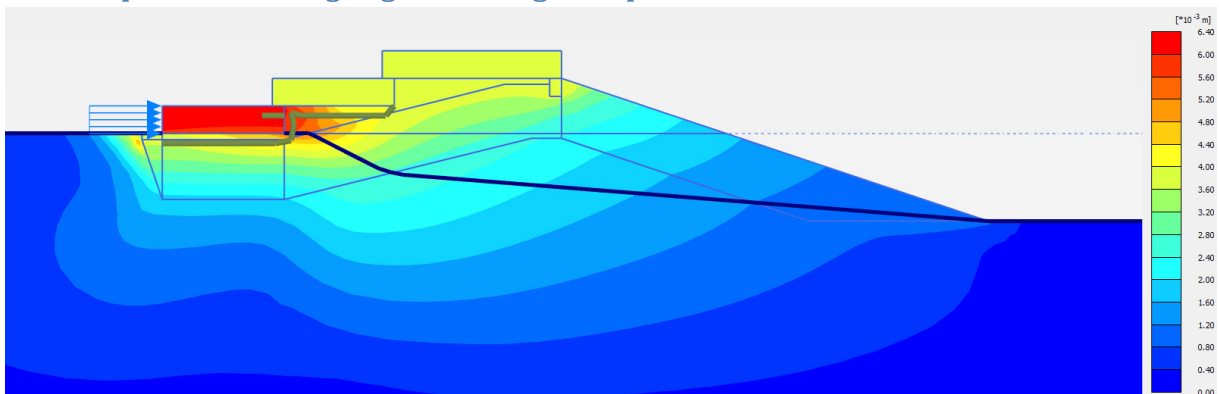


## Dwarsprofiel 3A

### Model

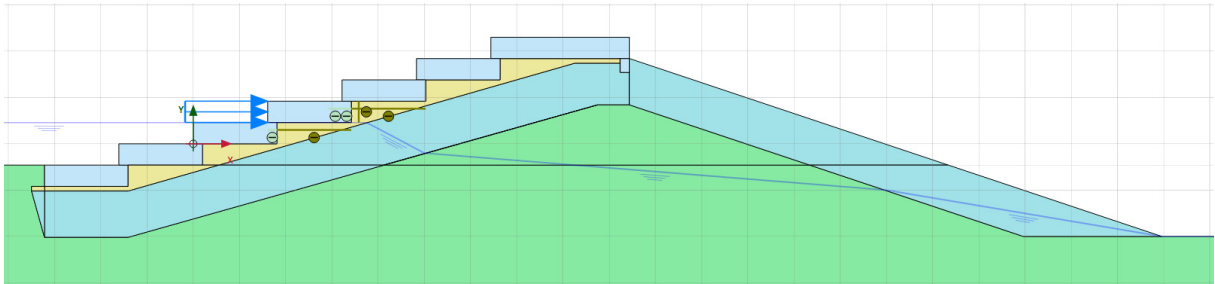


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

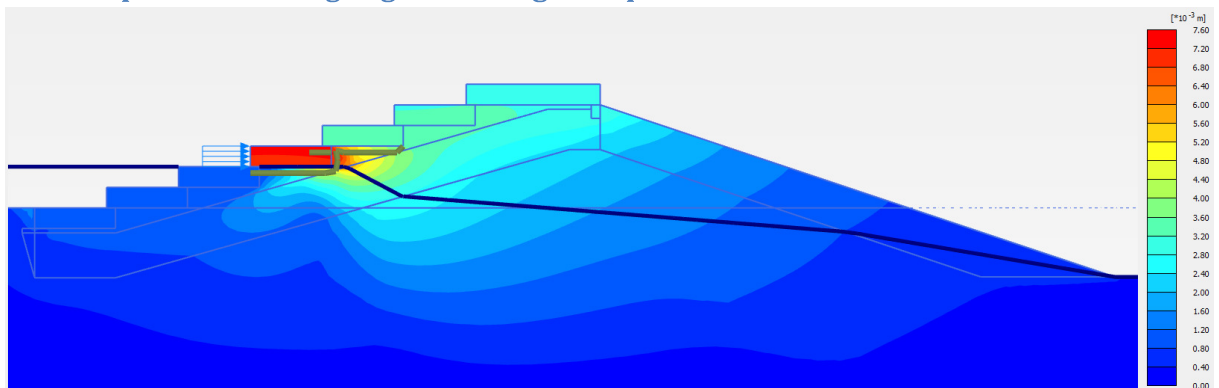


## Dwarsprofiel 3B

### Model

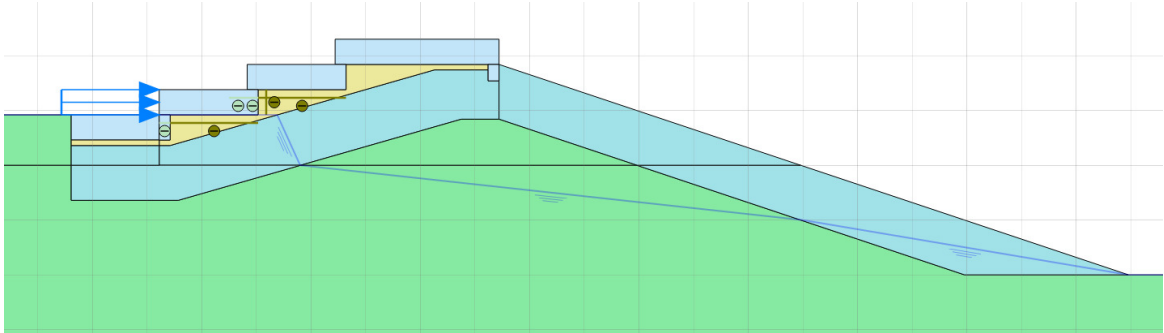


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

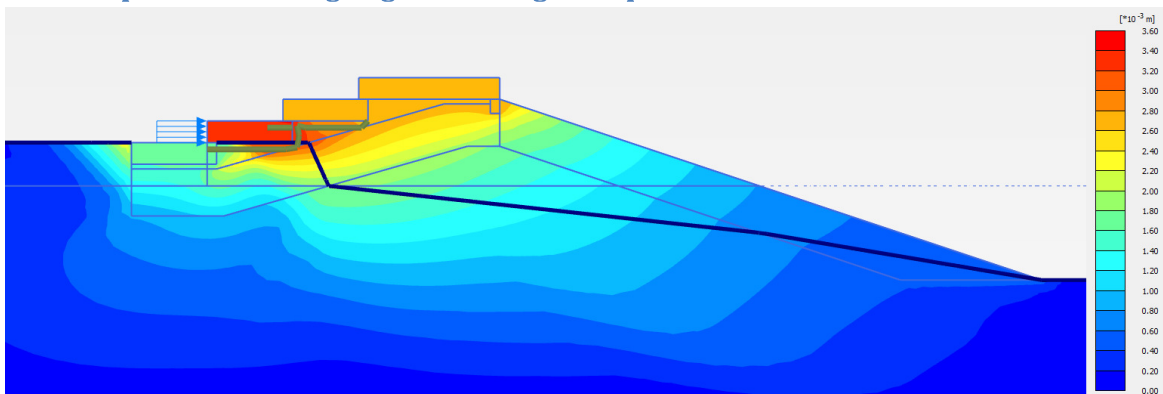


## Dwarsprofiel 4A / 4B

### Model

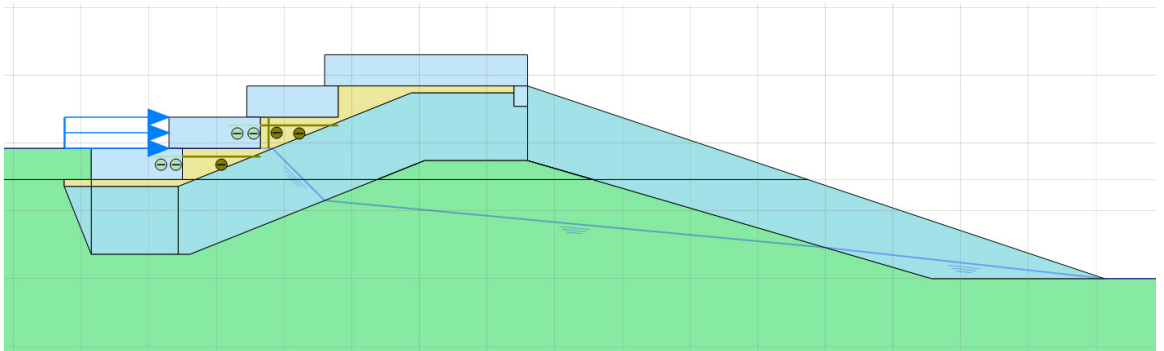


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

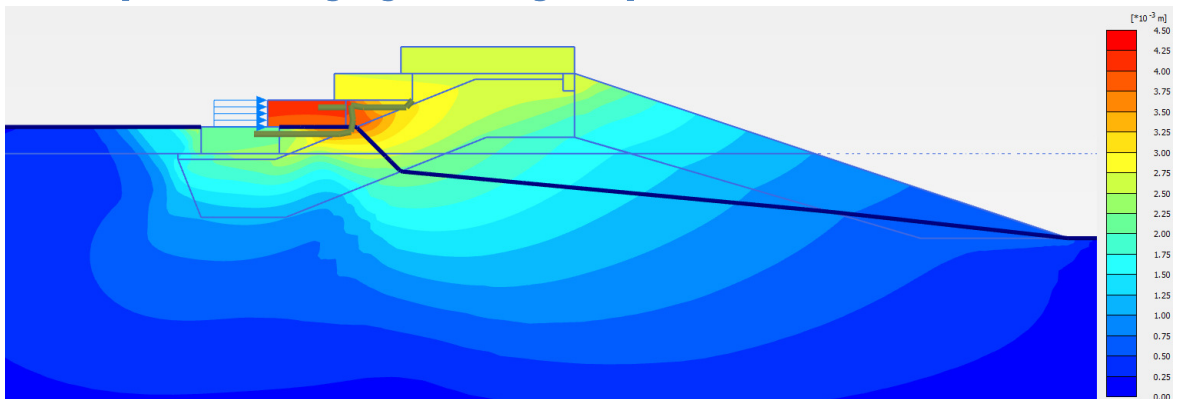


## Dwarsprofiel 5.1

### Model

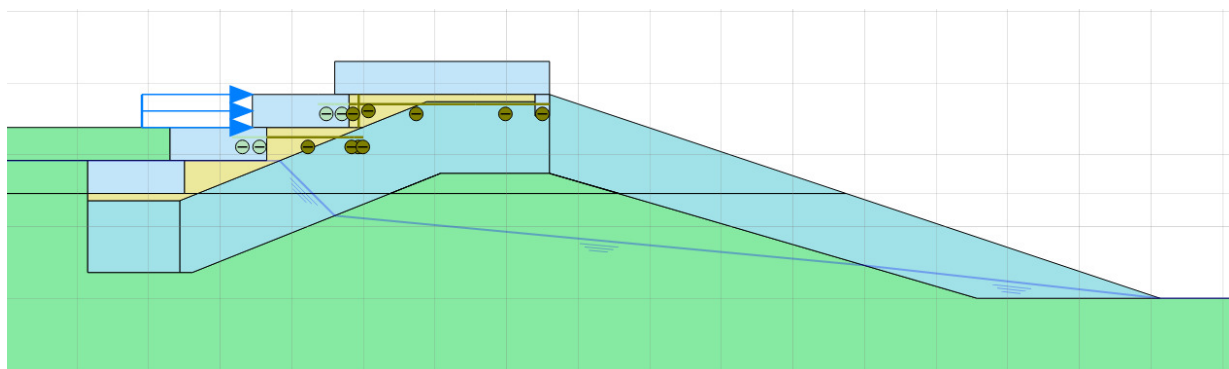


### Contour plot vervormingen gedurende golfklap

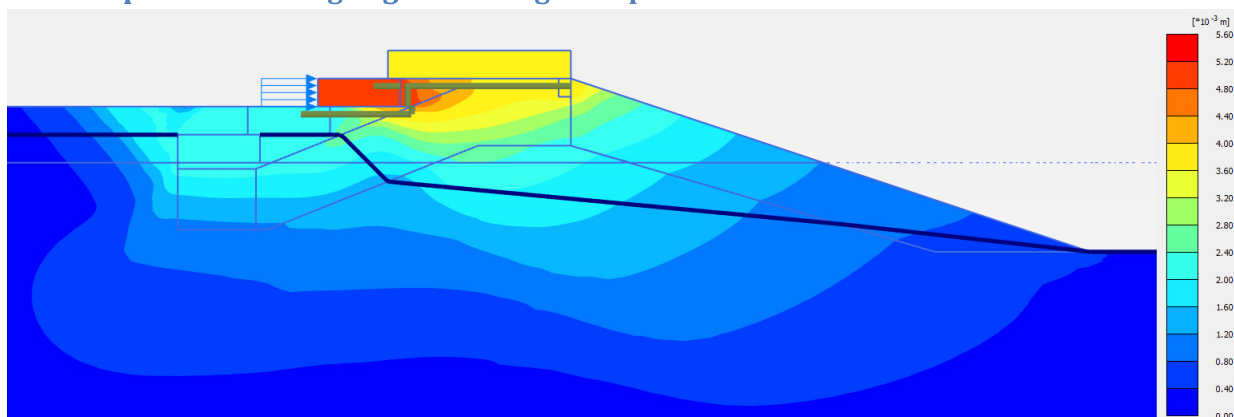


## Dwarsprofiel 5

### Model



### Contour plot vervormingen gedurende golfklap



## Resultaten

Tabel 2 Resultaten maximale en permanente verplaatsingen

| DWP     | Maximale verplaatsing gedurende golfklap [mm] | Resterende verplaatsing na golfklap [mm] |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2 (pgs) | 2,2                                           | 1,0                                      |
| 2       | 3,3                                           | 2,0                                      |
| 3A      | 6,2                                           | 4,3                                      |
| 3B      | 7,5                                           | 3,8                                      |
| 4A / 4B | 3,5                                           | 2,3                                      |
| 5.1     | 4,5                                           | 1,5                                      |
| 5       | 5,3                                           | 2,2                                      |

Project Havendijk Den Oever  
Document-id 154670-REA-ENG-188  
Titel **Ontwerpnota**  
Revisienr. | datum 2.0 | 24-02-2017  
Pagina 73 van 74

---

## **Bijlage 14 Bepaling maximale golfhoogte $H_{0.1\%}$ volgens Battjes & Groenendijk (2000)**

Project: Dijkversterking Den Oever

Pagina: 1 of 2

Project nr: 154670

Doc nr: 154670-REA-ENG-188

Titel: **Battjes en Groendijk berekeningen.**

---

## 1 REFERENTIES

- I. Van Oord (2016), Uitgangspuntennota – Verharde Bekleding, 154670-REA-ENG-25
- II. Battjes en Groenendijk (2000). Wave height distribution on shallow foreshores. Coastal Engineering , 40, 161-182.



# Bijlage

Project: Dijkversterking Den Oever  
Project nr: 154670  
Doc nr: 154670-REA-ENG-188  
Titel: **Battjes en Groendijk berekeningen.**

Pagina: 2 of 2

## 2 RESULTATEN

| Input                                              |                                 |         |                                                       | 2     | 3A    | 3B    | 4A    | 4B    | 5     |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|---------|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beschrijving                                       | Parameter                       | Eenheid | Toelichting                                           |       |       |       |       |       |       |
| Significante golfhoogte                            | H <sub>s</sub>                  | [m]     | [ref I]                                               | 1,43  | 1,54  | 1,54  | 1,04  | 1,04  | 0,98  |
| Waterdiepte                                        | d                               | [m]     | waterdiepte op de kade [ref I]                        | 7,30  | 7,30  | 7,30  | 7,30  | 7,30  | 7,30  |
| Talud voorland                                     | cot(α)                          | [-]     | weinig tot geen invloed op uitkomst, flauw aangenomen | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| <b>Tussenresultaten</b>                            |                                 |         |                                                       |       |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                       | Parameter                       | Eenheid |                                                       |       |       |       |       |       |       |
| root of the variance                               | √m <sub>0</sub>                 | [-]     |                                                       | 0,36  | 0,39  | 0,39  | 0,26  | 0,26  | 0,25  |
| transitional wave height                           | H <sub>tr</sub>                 | [m]     |                                                       | 2,54  | 2,56  | 2,56  | 2,56  | 2,56  | 2,56  |
| rms wave height                                    | H <sub>rms</sub>                | [m]     |                                                       | 1,02  | 1,10  | 1,10  | 0,73  | 0,73  | 0,69  |
| normalised transitional wave height                | H <sub>tr~</sub>                | [-]     |                                                       | 2,49  | 2,32  | 2,32  | 3,51  | 3,51  | 3,73  |
| Lower limit transitional wave height               | H <sub>tr~ down</sub>           | [-]     |                                                       | 2,45  | 2,30  | 2,30  | 3,50  | 3,50  | 3,70  |
| Upper limit transitional wave height               | H <sub>tr~ up</sub>             | [-]     |                                                       | 2,50  | 2,35  | 2,35  | 3,55  | 3,55  | 3,75  |
| <b>Resultaten</b>                                  |                                 |         |                                                       |       |       |       |       |       |       |
| Beschrijving                                       | Parameter                       | Eenheid |                                                       |       |       |       |       |       |       |
| 0,1% highest waves                                 | H <sub>0,1%</sub>               | [m]     |                                                       | 2,60  | 2,73  | 2,73  | 1,92  | 1,92  | 1,80  |
| Ratio between H <sub>0,1%</sub> and H <sub>s</sub> | H <sub>0,1%/H<sub>s</sub></sub> | [-]     |                                                       | 1,8   | 1,8   | 1,8   | 1,8   | 1,8   | 1,8   |