



# Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard - Peazens-Moddergat

Ontwerpnota bekledingen, variantontwerpen

Wetterskip Fryslân

11 juli 2025

Project  
Opdrachtgever

Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard - Peazens-Moddergat  
Wetterskip Fryslân

Document  
Status  
Datum  
Referentie

Ontwerpnota bekledingen, variantontwerpen  
Definitief  
11 juli 2025  
142400/25-011.040

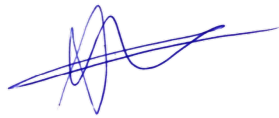
Projectcode  
Projectleider  
Projectdirecteur

142400  
Ir. A.S. Bijman-van den Dungen  
Drs.ing. E.J.N. Rijsdijk

Auteur(s)  
Gecontroleerd door  
Goedgekeurd door

Ir. J.J. Twijnstra  
Ir. R. Bouw  
Ir. A.S. Bijman-van den Dungen

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

|       |                                                        |           |
|-------|--------------------------------------------------------|-----------|
| 1     | <b>INLEIDING</b>                                       | <b>5</b>  |
| 1.1   | Aanleiding                                             | 5         |
| 1.2   | Doel                                                   | 5         |
| 1.3   | Leeswijzer                                             | 5         |
| 2     | <b>UITGANGSPUNTEN</b>                                  | <b>7</b>  |
| 3     | <b>METHODIEK</b>                                       | <b>9</b>  |
| 4     | <b>RESULTATEN</b>                                      | <b>11</b> |
| 4.1   | Teenconstructie                                        | 11        |
| 4.1.1 | Buitenwaarts versterken bij dorpen                     | 11        |
| 4.1.2 | Binnenwaarts versterken bij dorpen                     | 11        |
| 4.1.3 | Voorland beschermen bij Peazens-Moddergat              | 12        |
| 4.1.4 | Teenbestorting bij Peazens-Moddergat                   | 14        |
| 4.1.5 | Losgestorte breuksteen                                 | 14        |
| 4.1.6 | Gepenetreerde breuksteen                               | 14        |
| 4.2   | Zetsteen                                               | 14        |
| 4.2.1 | Variant 1: Zichtjaar 2080                              | 14        |
| 4.2.2 | Variant 2: Zichtjaar 2130                              | 15        |
| 4.3   | Ondertalud                                             | 15        |
| 4.3.1 | WAB met zetsteen                                       | 15        |
| 4.3.2 | Breuksteen gepenetreerd met asfalt (overlagen)         | 15        |
| 4.4   | Boventalud                                             | 16        |
| 4.4.1 | Doortrekken WAB                                        | 16        |
| 4.4.2 | Dikkere kleilaag                                       | 16        |
| 4.4.3 | OSA met teelaarde                                      | 17        |
| 4.4.4 | Zetstenen met teelaarde                                | 17        |
| 4.4.5 | Zetstenen met dambordpatroon (alleen bij dorpen)       | 18        |
| 4.4.6 | Breuksteen gepenetreerd, overlagen (alleen bij dorpen) | 18        |
| 4.5   | Filterlaag                                             | 19        |
| 4.5.1 | Geotextiel                                             | 19        |
| 4.5.2 | Granulair filter                                       | 19        |
| 5     | <b>REFERENTIES</b>                                     | <b>21</b> |

Laatste pagina

21

**Bijlage(n)**

**Aantal pagina's**

I

Berekeningsresultaten bekledingen

6

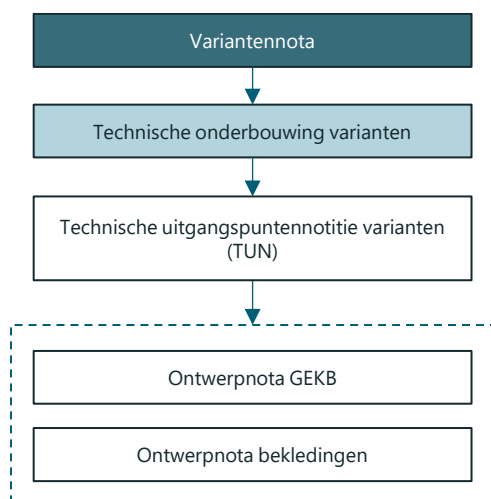
# 1

## INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

In onderstaande afbeelding is de documentenstructuur gegeven. Dit document betreft 'Ontwerpnota bekledingen' en is onderliggend aan de 'Technische onderbouwing varianten'.

Afbeelding 1.1 Documentenstructuur technische onderbouwing



### 1.2 Doel

Het doel van het voorliggende document is het vastleggen van de technische onderbouwing van de bekledingsvarianten van de versterkingsmaatregelen ten behoeve van de veiligheidsopgave van Ternaard - Peazens-Moddergat (TPM).

### 1.3 Leeswijzer

In onderstaande tabel is de leeswijzer gegeven.

Tabel 1.1 Leeswijzer

| Hoofdstuk         | Toelichting                                    |
|-------------------|------------------------------------------------|
| 2. Uitgangspunten | beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten |
| 3. Methodiek      | beschrijving van de gehanteerde methodiek      |

| Hoofdstuk      | Toelichting                    |
|----------------|--------------------------------|
| 4. Resultaten  | beschrijving van de resultaten |
| 5. Referenties | geraadpleegde bronnen          |

De volgende faalmechanismen zijn beschouwd:

- breuksteen stabiliteit;
- ZST: stabiliteit steenzetting;
- AGK: bezwijken asfaltbekleding door golfklappen;
- ASP: bezwijken asfaltbekleding door ontstaan S-profiel door golfsterugtrekking;
- AWO: bezwijken asfaltbekleding als gevolg van wateroverdrukken door snelle waterstandsaling;
- GEBU: grasbekleding erosie buitentalud door golfklappen.

# 2

## UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk staan de relevante uitgangspunten ten aanzien van de bekledingen beschreven. Algemene uitgangspunten staan beschreven in de Technische uitgangspuntennotitie (TUN) [ref. 1]. Ten behoeve van de leesbaarheid van dit document worden de belangrijkste uitgangspunten uit de TUN herhaald.

### Deeltrajecten

In onderstaande afbeelding zijn de deeltrajecten van TPM weergegeven inclusief kilometrering [ref. 1].

Afbeelding 2.1 Deeltrajecten TPM



### Veiligheidsopgave

Er is een bekledingsopgave voor heel TPM [ref. 1].

### Faalkanseis

Voor dijktraject 6-4 geldt een maximaal toelaatbare faalkans van 1/1.000 per jaar (omgevingswaarde) [ref. 1]. Specifiek voor GEBU is de faalkanseis per doorsnede bij omgevingswaarde gelijk aan 1/60.000 per jaar.

### Zichtjaar

Het zichtjaar is 2080, zie TUN [ref. 1]. Aanvullend is zichtjaar 2130 beschouwd bij ZST.

### Zeespiegelstijging

De zeespiegelstijging (ZSS) in 2080 is 0,55 m TUN [ref. 1].

### Bodemdaling

De bodemdaling in 2080 ten opzichte van 2017 is 0,12 m TUN [ref. 1].

### Ontwerp buitenberm

De buitenberm is minimaal 5 m breed met 1:20 talud, zie TUN [ref. 1]. De hoogte van de buitenberm is NAP +5,5 m, zie Ontwerpnota GEKB [ref. 6].



# 3

## METHODIEK

De variantenafwegingen zijn los uitgevoerd voor breuksteen, zetsteen, het geheel aan ondertalud en het boventalud (losse bouwstenen). De knip van het ondertalud en boventalud ligt op de insteek van de buitenberm (NAP +5,75 m).

In onderstaande tabel is een aangegeven hoe de opbouw en dimensionering per variant is bepaald.

Tabel 3.1 Aanpak opbouw en dimensionering per variant

| Variant                                                | Aanpak                                                                                   |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Breuksteen</b>                                      |                                                                                          |
| buitenwaarts versterken bij dorpen                     | berekening                                                                               |
| binnenwaarts versterken bij dorpen                     | berekening                                                                               |
| voorland beschermen bij Peazens-Moddergat              | berekening                                                                               |
| teenbestorting bij Peazens-Moddergat                   | berekening                                                                               |
| gepenetreerd                                           | expert judgement                                                                         |
| ongepenetreerd                                         | expert judgement                                                                         |
| <b>Zetsteen</b>                                        |                                                                                          |
| zichtjaar 2080                                         | berekening                                                                               |
| zichtjaar 2130                                         | berekening                                                                               |
| <b>Ondertalud</b>                                      |                                                                                          |
| WAB met zetsteen                                       | AGK: ontwerpgrafiek<br>AWO: expert judgement<br>ASP: berekening<br>ZST: expert judgement |
| gepenetreeerde breuksteen (overlagen)                  | expert judgement                                                                         |
| <b>Boventalud</b>                                      |                                                                                          |
| doortrekken WAB                                        | GEBU-tool                                                                                |
| dikkere kleilaag                                       | GEBU-tool                                                                                |
| OSA met teelaarde                                      | Expert judgment                                                                          |
| zetstenen met teelaarde                                | Expert judgment                                                                          |
| zetstenen met dambordpatroon (alleen bij dorpen)       | Expert judgment                                                                          |
| breuksteen gepenetreerd, overlagen (alleen bij dorpen) | Expert judgment                                                                          |

Opgemerkt is dat in de ontwerpfase ten behoeve van de effectbeoordeling voor alle bekledingen berekeningen worden uitgevoerd (indien nodig).

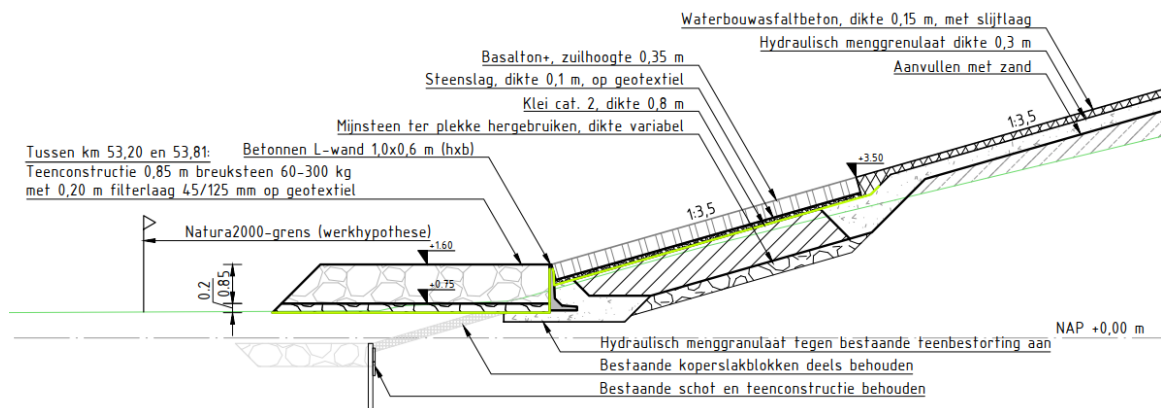
## RESULTATEN

### 4.1 Teenconstructie

#### 4.1.1 Buitenwaarts versterken bij dorpen

In onderstaande afbeelding is een doorsnede gegeven van een teenconstructie met L-wand bij een buitenwaartse versterking. Dit betreft een representatieve doorsnede uit het conceptontwerp ten behoeve van de effectbeoordeling voor het deel zonder voorland in Peazens-Moddergat. Deze doorsnede wordt gebruikt als variantontwerp. Door de L-wand wordt afstand gehouden van het aanwezige gecreosoteerde teenschot en de Natura 2000-grens. Voor de berekening van deze variant wordt verwezen naar Rekennota breuksteen [ref. 7].

Afbeelding 4.1 Doorsnede teenconstructie met L-wand (km 53,6, TEK-2061-1)

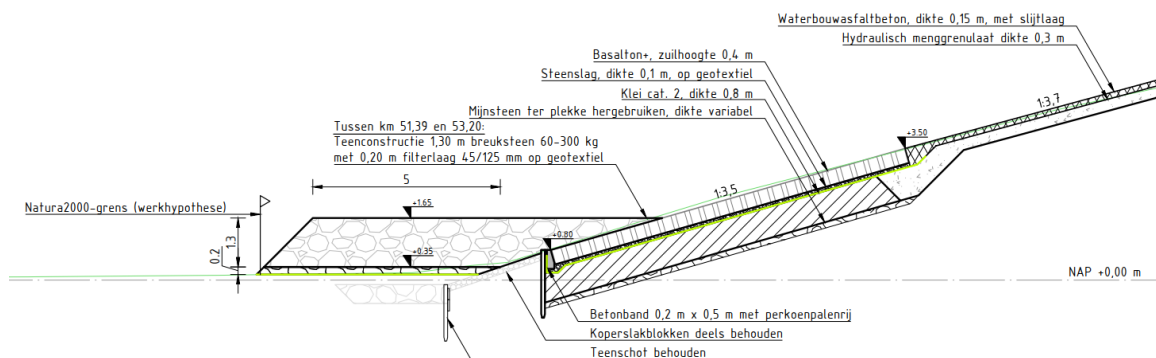


De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8]. De knip is gelegd op de overgang van zetsteen naar asfalt (NAP +3,5 m). De breuksteen- en zetsteenbekleding vallen binnen de scope van de afweging, omdat deze gelijk zijn aan de binnenwaartse variant.

#### 4.1.2 Binnenwaarts versterken bij dorpen

In onderstaande afbeelding is een doorsnede gegeven van een teenconstructie zonder L-wand bij een binnenwaartse versterking. Dit betreft een representatieve doorsnede uit het conceptontwerp ten behoeve van de effectbeoordeling voor het deel zonder voorland in Wierum oost. Deze doorsnede wordt gebruikt als variantontwerp. Door de nieuwe zetsteenbekleding te laten aansluiten op de aanwezige zetsteenbekleding is er voldoende afstand tot het aanwezige gecreosoteerde teenschot de Natura 2000-grens. Voor de berekening van deze variant wordt verwezen naar Rekennota breuksteen [ref. 7].

Afbeelding 4.2 Doorsnede teenconstructie zonder L-wand (km 52,1, TEK-2051-2)



De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8]. De knip is gelegd op de overgang van zetsteen naar asfalt (NAP +3,5 m). De breuksteen- en zetsteenbekleding vallen binnen de scope van de afweging, omdat deze gelijk zijn aan de binnenwaartse variant. De binnenwaartse variant heeft vergeleken met de buitenwaartse variant, wel ruimtebeslag aan de binnenzijde. Hierdoor moet een nieuwe kleibekleding op het binnentalud worden aangelegd en de infrastructuur aan de binnenzijde (wegen) worden verlegd. In de hoeveelheden is het verleggen van de infrastructuur niet meegenomen. De extra klei is wel meegenomen.

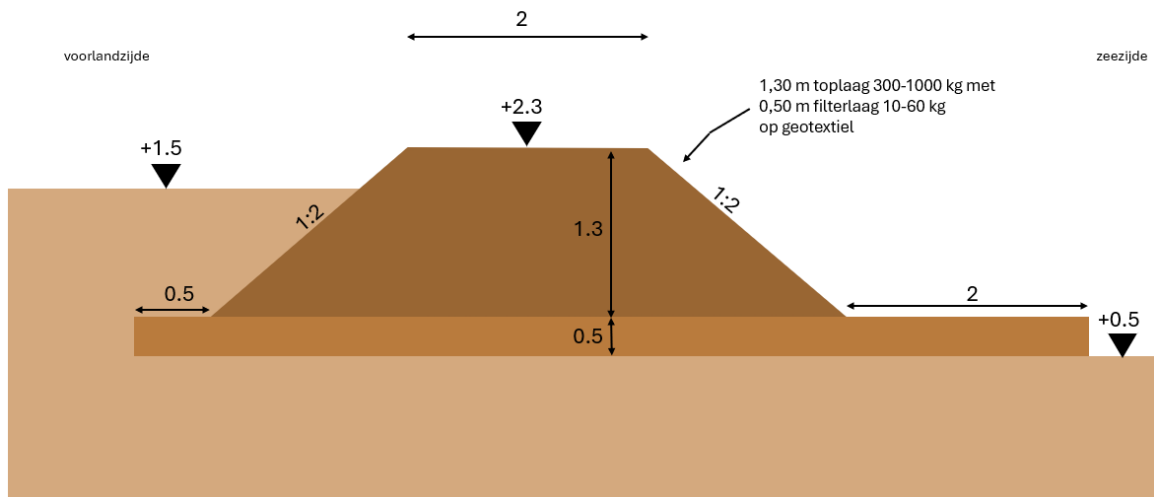
#### 4.1.3 Voorland beschermen bij Peazens-Moddergat

In onderstaande afbeelding is een doorsnede gegeven van de voorlanddamversterking ter bescherming van het voorland bij Peazens-Moddergat.

Afbeelding 4.3 Bovenaanzicht breuksteenontwerp voorlanddam



Afbeelding 4.4 Doorsnede breuksteenontwerp voorlanddam



De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8]. De lengte van de voorlanddam is 770 m. Dit is de lengte waarover de doorsnede van toepassing is.

#### 4.1.4 Teenbestorting bij Peazens-Moddergat

Indien het voorland niet wordt beschermd, kan deze eroderen. Daarom wordt ervan uitgegaan dat een teenconstructie nodig is. In Afbeelding 4.1 is een doorsnede gegeven van een teenconstructie met L-wand bij een buitenwaartse versterking. Deze doorsnede wordt gebruikt als variantontwerp.

De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8]. De lengte van het voorland langs de buitenteen is 650 m. Dit is de lengte waarover de doorsnede van toepassing is. De L-wand wordt buiten beschouwing gelaten.

#### 4.1.5 Losgestorte breuksteen

Het variantontwerp van een teenconstructie met losgestorte (niet gepenetreerd) breuksteen is als volgt:

- breuksteen:
  - sortering: 60-300 kg;
  - laagdikte: 0,85 m ( $2D_{n50}$ );
  - lengte: 5 m;
- filterlaag:
  - sortering: 45/125 mm;
  - laagdikte: 0,2 m;
  - lengte: 5 m;
- geotextiel.

Een voorbeeld van de afmetingen van deze teenconstructie is gegeven in Afbeelding 4.2. De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8].

#### 4.1.6 Gepenetreerde breuksteen

Het variantontwerp van een teenconstructie met gepenetreerde breuksteen is als volgt:

- breuksteen:
  - sortering: 10-60 kg;
  - vulgraad gietasfalt: 80 % van de holle ruimte (conform Technisch rapport asfalt voor waterkeringen [ref. 1]);
  - laagdikte: 0,5 m ( $2D_{n50}$ );
  - lengte: 5 m;
- hittebestendig geotextiel.

Een voorbeeld van de afmetingen van deze teenconstructie is gegeven in Afbeelding 4.2. De hoeveelheden zijn opgenomen in bijlage II van de 'Technische onderbouwing variantenontwerpen' [ref. 8].

### 4.2 Zetsteen

#### 4.2.1 Variant 1: Zichtjaar 2080

Het variantontwerp van de zetsteenbekleding met zichtjaar 2080 is gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.1 Zuilhoogte ontwerp

| Deeltraject | Begin (km) | Eind (km) | Zuilhoogte 2080 (m) | Zuilhoogte 2130 (m) |
|-------------|------------|-----------|---------------------|---------------------|
| Polder      | 42,9       | 46,1      | 0,35                | 0,35                |

| Deeltraject       | Begin (km) | Eind (km) | Zuilhoogte 2080 (m) | Zuilhoogte 2130 (m) |
|-------------------|------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 't Skoar          | 46,1       | 47,4      | 0,30                | 0,35                |
| Wierum west       | 47,4       | 49,2      | 0,40                | 0,40                |
| Wierum dorp       | 49,2       | 49,7      | 0,40                | 0,40                |
| Wierum oost       | 49,7       | 53,2      | 0,40                | 0,40                |
| Peazens-Moddergat | 53,2       | 54,4      | 0,35                | 0,35                |

#### 4.2.2 Variant 2: Zichtjaar 2130

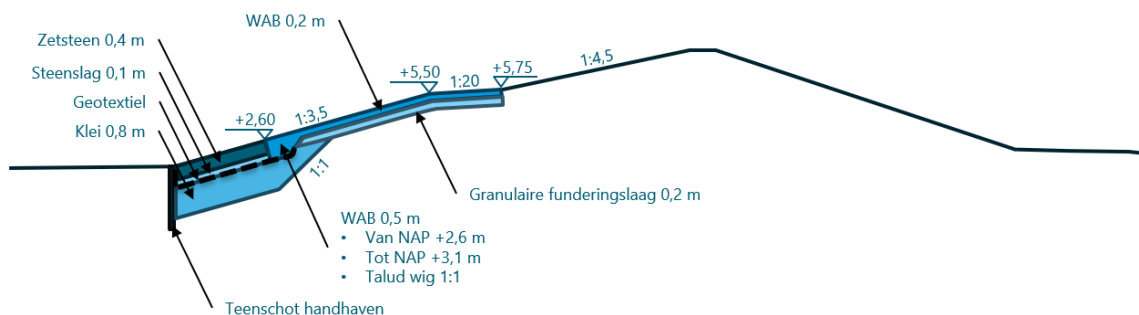
Het variantontwerp van de zetsteenbekleding met zichtjaar 2130 is gegeven in bovenstaande tabel.

### 4.3 Ondertalud

#### 4.3.1 WAB met zetsteen

De bekledingsvariant met waterasfaltbeton (WAB) is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven.

Afbeelding 4.5 Ondertalud variant 1: WAB



Indien deze variant wordt gekozen, worden onder andere de volgende zaken nader uitgewerkt in de volgende ontwerpplag:

- mogelijke steengrootte en pakketgrootte van de zetstenen. Hiermee kan de overgangshoogte zetsteen-WAB worden bepaald als tolerantie;
- een (mogelijke) teenbestorting, welke de huidige afgekeurde (locatieafhankelijk) zetsteenbekleding overlaagd tot een hoogte van ca. NAP +0,8 m. De verwachting is dat dit gunstig werkt ten aanzien van kosten.

Opgemerkt is dat in de volgende ontwerpplag berekeningen worden uitgevoerd voor AGK, AWO, ASP en ZST. Hieronder zijn de analyses beschreven van AGK en ASP. Verder, AWO en ZST zijn voor de variantontwerpen op basis van expert judgement beoordeeld.

#### 4.3.2 Breuksteen gepenetreerd met asfalt (overlagen)

De bekledingsvariant, waarbij de huidige bekleding overlaagd wordt met asfalt gepenetreerde breuksteen, is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven.

Breuksteen 0,5 m

- ondtalud gepenetreerd met asfalt
- teenbestorting niet gepenetreerd met asfalt

+5,50

1:20

+5,75

1:3,5

5 m

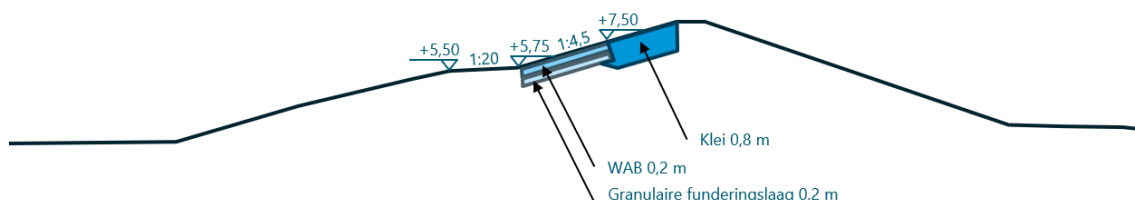
WAB 0,2 m

Granulaire funderingslaag 0,2 m

- de opbouw van de breuksteen. Voor nu is 10-60 kg gradering met 80 % vulgraad aangehouden, conform Technisch rapport asfalt voor waterkeringen (TRAW) [ref. 1], gegeven de golfhoogtes;
- de noodzaak van een wapeningsnet. De verwachting is dat er geen wapeningsnet nodig is. Het wapeningsnet is van kunststof en de kosten zijn verwaarloosbaar voor de variantenafweging;
- een waterslot om plasvorming van regenwater te voorkomen.

#### 4.4.1 Doortrekken WAB

#### Afbeelding 4.7 Boventalud variant 1: hoger optrekken WAB

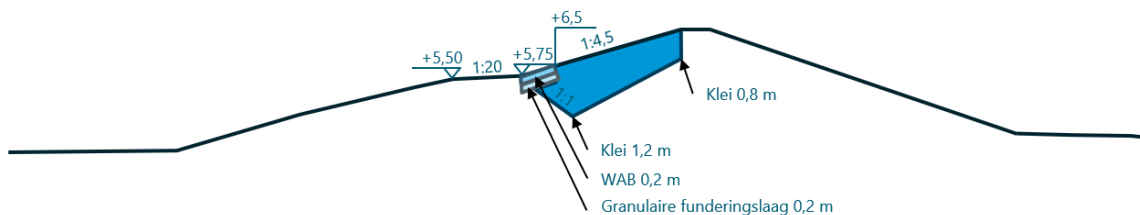


#### 4.4.2 Dikkere kleilaag

16 | 21 Witteveen+Bos | 142400/25-011.040 | Definitief



Afbeelding 4.8 Boventalud variant 2: dikkere kleilaag



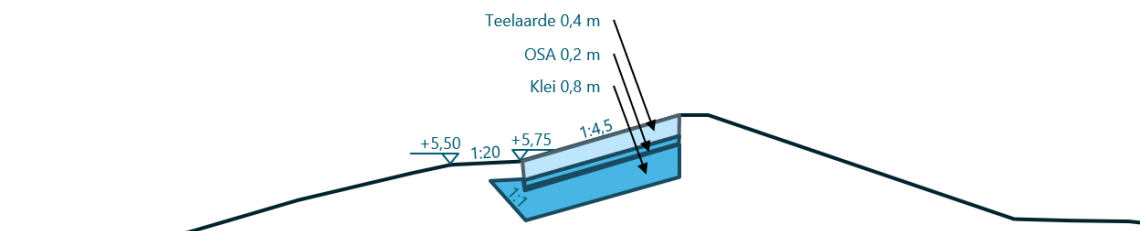
De overgangshoogte is bepaald met de GEBU-tool.

Indien deze variant gekozen wordt, dan wordt in de volgende ontwerpsslag de mogelijkheid onderzocht om de overgang te verlagen van NAP +6,5 naar NAP +6,0 m en hierbij de kleidikte lokaal te vergroten van 1,2 m naar ca. 1,5 m. Dit geeft een strook asfalt van ca. 1 m op het boventalud in plaats van ca. 3 m. Deze verlaging van de overgang van WAB naar gras kan in de variantafweging onder andere vanuit esthetisch oogpunt worden meegenomen.

#### 4.4.3 OSA met teelaarde

De bekledingsvariant met open steenasfalt (OSA) bedekt met teelaarde is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven.

Afbeelding 4.9 Boventalud variant 3: OSA met teelaarde

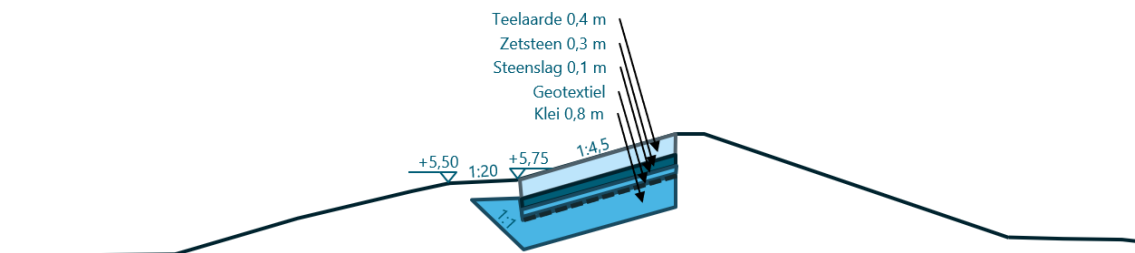


De opbouw en dimensionering van deze variant is bepaald op basis van expert judgement. De kleilaag fungeert als slecht waterdoorlatende laag bij hoogwater (infiltratie door golfoploop) en als laag welke water vasthoudt in droge periodes voor de grasbekleding. De kleilaag mag van categorie 3 zijn, aangezien het OSA fungeert als erosie-werende bekleding.

#### 4.4.4 Zetstenen met teelaarde

De bekledingsvariant met zetstenen bedekt met teelaarde is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven.

Afbeelding 4.10 Boventalud variant 4: zetstenen met teelaarde

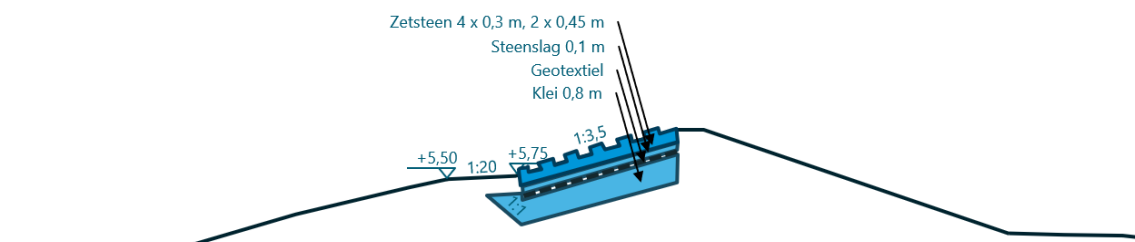


De opbouw en dimensionering van deze variant is bepaald op basis van expert judgement. De kleilaag fungeert als slecht waterdoorlatende laag bij hoogwater (infiltratie door golfoploop) en als laag welke water vasthoudt in droge periodes voor de grasbekleding. De kleilaag mag van categorie 3 zijn, aangezien de zetsteenbekleding fungeert als erosie-werende bekleding.

#### 4.4.5 Zetstenen met dambordpatroon (alleen bij dorpen)

De bekledingsvariant met zetstenen in dambordpatroon is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven.

Afbeelding 4.11 Boventalud variant 5: zetstenen met dambordpatroon (alleen bij dorpen)

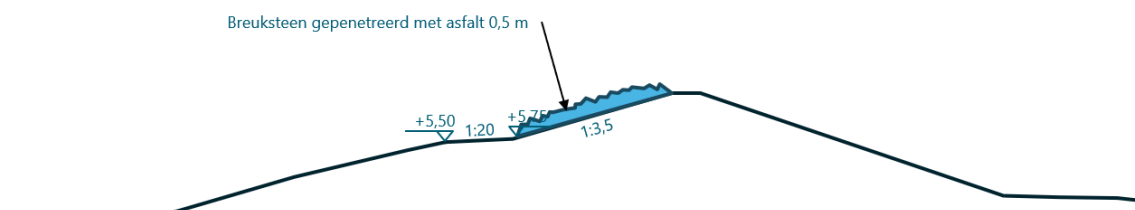


De opbouw en dimensionering van deze variant is bepaald op basis van expert judgement. Deze variant is alleen van toepassing bij dorpen (Wierum, Peazens-Moddergat). De kleilaag fungeert als waterremmende laag bij hoogwater. De klei mag van categorie 3 zijn, aangezien de zetsteenbekleding (met dambordpatroon) fungeert als erosie-werende laag.

#### 4.4.6 Breuksteen gepenetreerd, overlagen (alleen bij dorpen)

De bekledingsvariant met gepenetreerde breuksteen is hieronder schetsmatig (niet op schaal) weergegeven. Deze variant is alleen van toepassing bij dorpen (Wierum, Peazens-Moddergat).

Afbeelding 4.12 Boventalud variant 6: breuksteen gepenetreerd, overlagen (alleen bij dorpen)



De opbouw en dimensionering van deze variant is bepaald op basis van expert judgement.

## 4.5 Filterlaag

Onder de zetsteenbekleding, de teenconstructie en het OSA ter plaatse van de opgangen moet een filterconstructie worden aangebracht naar de onderlagen of de natuurlijke ondergrond. Dat kan op verschillende manieren. Doorgaans worden voor dijken een geotextiel en granulaire filterlagen beschouwd.

De granulaire filter is hieronder beschouwd voor de teenconstructie, niet voor de zetsteenbekleding en het OSA ter plaatse van opgangen. Namelijk, als er sprake is van een kleilaagonderlaag dan wordt bij zetsteenbekledingen vrijwel altijd gekozen voor een geotextiel. Verder, in de variantenafweging is met name gekeken naar de lange strekkingen. De varianten voor de filterlaag onder het OSA zijn daarom niet apart beschouwd.

### 4.5.1 Geotextiel

Een variantontwerp van een teenconstructie met geotextiel is als volgt (laagdikte totaal 1,05 m):

- 60-300 kg, laagdikte 0,85 m;
- filterlaag steenslag 63/180 mm, laagdikte 0,20 m;
- geotextiel.

### 4.5.2 Granulair filter

Bij een teenconstructie kan een granulair filter zowel geometrisch open als gesloten worden uitgevoerd. Allereerst is een geometrisch gesloten filter bekeken. Hiervoor zijn vier verschillende lagen nodig onder de toplaag van 60-300 kg. Een geometrisch gesloten filter zou er als volgt uit kunnen zien, zie onderstaande tabel.

Tabel 4.2 Variantontwerp geometrische gesloten filter bij de teenconstructie

| Laag             | Materiaal                                       | Sortering | Laagdikte (m) |
|------------------|-------------------------------------------------|-----------|---------------|
| basis            | huidige bodem (zand $D_{50} = 150\mu\text{m}$ ) | -         | -             |
| 5                | breuksteen                                      | 60-300 kg | 0,85          |
| 4                | breuksteen                                      | 63/180 mm | 0,20          |
| 3                | steenslag                                       | 30/60 mm  | 0,20          |
| 2                | steenslag                                       | 8/11 mm   | 0,20          |
| 1                | steenslag                                       | 0/2 mm    | 0,10          |
| basis            | huidige bodem (zand $D_{50} = 150\mu\text{m}$ ) | -         | -             |
| totale laagdikte |                                                 |           | 1,55          |

Een dergelijk ontwerp is uitvoeringstechnisch bewerkelijk. Daarom is ook de optie van een geometrisch open filter beschouwd. Hierbij is gekeken hoe de laagdikte van de onderlaag (63/180 mm) vergroot moet worden om de hydraulische belasting op het grensvlak dusdanig laag te maken dat er een stabiel open filter ontstaat (geen uitspoeling). Voor het beschouwen van het open filter onder golfaanval is gebruik gemaakt van de meest recente inzichten op het gebied van open filters die zijn ontwikkeld binnen het Joint Industry project

(JIP) Topfilter [ref. 11]. Gezien de relatief grote golfbelasting is voor een stabiel open filter een onrealistisch grote laagdikte nodig ( $>5$  m).

Het lijkt daarom vanuit materiaal gebruik het meest efficiënt om het basisontwerp, waarbij de filterconstructie bestaat uit een geotextiel toe te passen.

## REFERENTIES

- 1 TAW (2002). Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeringen.
- 2 KOAC (2010). Addendum bij het Technische Rapport Asphalt voor Waterkeren.
- 3 Deltares (2018). Stabiliteit van oud asphalt tijdens golfaanval, Analyse van de resultaten van het Deltagootonderzoek met asphalt van de Lauwersmeerdijk.
- 4 Witteveen+Bos (2024). Basisrapport Geohydrologie.
- 5 Witteveen+Bos (2024). Technische uitgangspuntennotitie variantontwerpen, veiligheidsopgave.
- 6 Witteveen+Bos (2024). Ontwerpnota GEKB.
- 7 Witteveen+Bos (2025). Rekennota breuksteen.
- 8 Witteveen+Bos (2025). Technische onderbouwing variantenontwerpen, veiligheidsopgave.
- 9 Deltares (2015). Handreiking Dijkbekledingen Deel 4: Breuksteenbekledingen.
- 10 CIRIA, CUR, CETMEF, 2007. The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2<sup>nd</sup> edition). C683, CIRIA.
- 11 van Gent, M.R.A., Wolters, G., 2015. Granular slopes with open filters under wave loading. Coast. Eng. 104, 135–150



# Bijlagen

## BIJLAGE: BEREKENINGSRISULTATEN BEKLEDINGEN

### I.1 ZST

#### Methodiek

Met Steentoets (v22.2.1) is voor alle profielen gecontroleerd of de minimaal benodigde zuilhoogte van de zetstenen lager is dan de zuilhoogte in het ontwerp. Hierbij is het volgende gehanteerd:

- ontwerpgolven: berekend met Hydra-NL (v2.7.4 - Wetterskip) voor zichtjaar 2080 en 2130;
- bekledingopbouw buitentalud: er is uitgegaan van de bekledingshoogtes in zichtjaar 2080 (Tabel I.1). De bekledingshoogtes in zichtjaar 2130 zullen door zettingen waarschijnlijk lager zijn en worden hierdoor minder zwaar belast door golven. Zichtjaar 2080 hanteren is maatgevend;
- profiel: afbeelding i.1;
- toplaag:
  - type: Basalton+;
  - zuilhoogte: Tabel I.2 (minimale zuilhoogte 0,30 m [ref. 5]);
  - open oppervlak: 10 %;
  - gaten in steen: nee;
  - soortelijke massa: 2300 kg/m<sup>3</sup>;
  - ingewassen: ja;
  - D<sub>15</sub> inwasmateriaal: 5 mm;
  - goed geklemd: ja;
- filterlaag:
  - type: steenslag;
  - dikte: 0,1 m (ondergrens);
  - D<sub>15</sub>: 16 mm;
  - D<sub>50</sub>: 35 mm;
  - porositeit: 0,35;
- geotextiel:
  - O<sub>90</sub>: 0,23 mm;
  - dikte: 0,7 mm;
  - doorlatendheid: 50 l/s/m<sup>2</sup>;
- kleilaag:
  - kwaliteit: c2;
  - dikte: 0,8 m;
- type overgangsconstructie: type c0 (Afbeelding I.2).

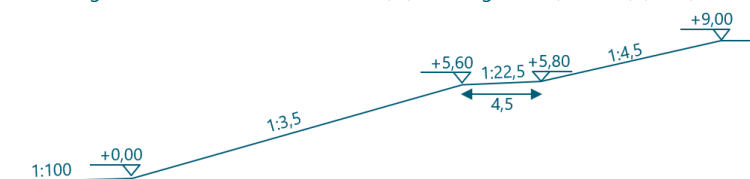


Tabel I.1 Bekledingshoogtes (2080)

| Type        | Van (m+NAP)            | Tot (m+NAP) |
|-------------|------------------------|-------------|
| stortstenen | 0,00                   | 0,80        |
| zetstenen   | 0,80                   | 3,50        |
| asfalt      | 3,50 (minimale waarde) | 6,50        |
| klei        | 6,50                   | variabel    |

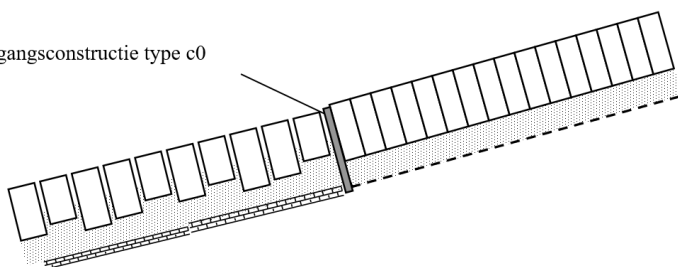
Tabel I.2 Zuilhoogte ontwerp

| Deeltraject       | Begin (km) | Eind (km) | Zuilhoogte 2080 (m) | Zuilhoogte 2130 (m) |
|-------------------|------------|-----------|---------------------|---------------------|
| Polder            | 42,9       | 46,1      | 0,35                | 0,35                |
| 't Skoar          | 46,1       | 47,4      | 0,30                | 0,35                |
| Wierum west       | 47,4       | 49,2      | 0,40                | 0,40                |
| Wierum dorp       | 49,2       | 49,7      | 0,40                | 0,40                |
| Wierum oost       | 49,7       | 53,2      | 0,40                | 0,40                |
| Peazens-Moddergat | 53,2       | 54,4      | 0,35                | 0,35                |

Afbeelding I.1 Geometrie met afstanden in (m) en hoogtes<sup>1</sup> in (m+NAP) (2080)

Afbeelding I.2 Overgangsconstructie c0 (screenshot uit Steentoets v22.2.1)

Overgangsconstructie type c0



## Resultaten

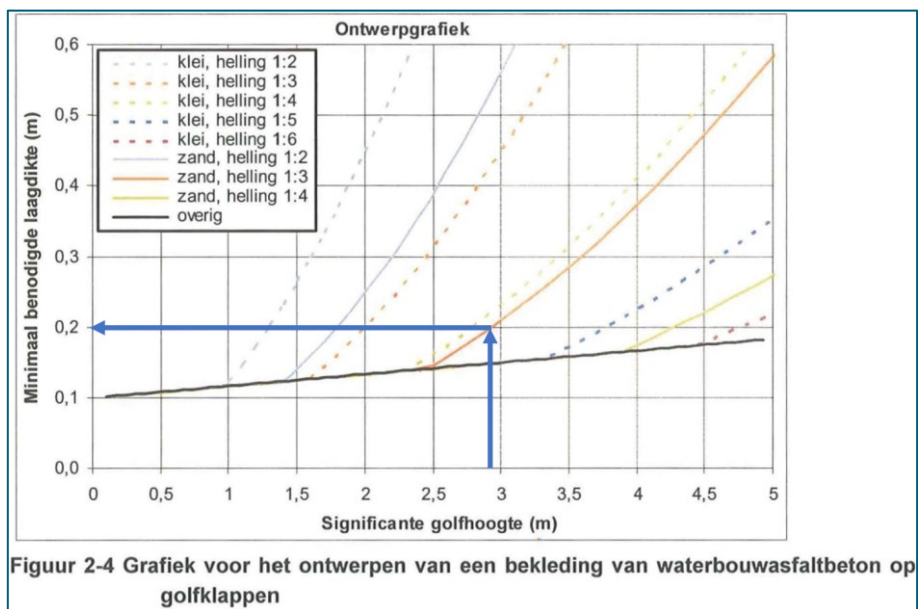
In onderstaande afbeelding is de minimaal benodigde zuilhoogte van de zetstenen in 2080 en 2130 gegeven samen met de zuilhoogte in het ontwerp op het ondertalud. Hieruit volgt dat de minimaal benodigde zuilhoogte kleiner dan de ontwerpzuilhoogte voor zowel zichtjaar 2080 als 2130. Te zien is dat er weinig verschil zit tussen de minimaal benodigde zuilhoogte in 2080 en 2130.

<sup>1</sup> De ontwerpkuinhoogte is locatieafhankelijk. De ontwerpkuinhoogte is niet relevant voor het ontwerp van de zetsteenbekleding en daarom is voor de kruinhoogte NAP +9 m gehanteerd.

## I.2 AGK

De minimaal benodigde laagdikte van asfalt is 0,2 m (gelijk aan VKA). Dit is geverifieerd met de ontwerpgrafiek voor golfklappen (afbeelding I.1) van het 'Addendum bij Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren' [ref. 1], zie onderstaande afbeelding.

Afbeelding I.3 Ontwerpgrafiek golfklappen



Hierbij is uitgegaan van de maximale significante golfhoogte binnen TPM, namelijk 2,87 m, zie TUN [ref. 5]. Opgemerkt is dat 0,2 m laagdikte asfalt tevens de minimaal benodigde laagdikte is voor sporadische belasting door onderhoudsvoertuigen.

## I.3 ASP

Mogelijke maatregelen tegen ASP zijn:

- ophogen onderrand asfalt (steenzetting hoger doorzetten);
- verdikken van asfalt richting de onderrand;
- doorlatendheid buitentalud verlagen door klei onder steenzetting.

Voor deze fase is gekozen voor het verdikken van het asfalt richting de onderrand. Voor TPM is de freatische lijn namelijk bekend (maximaal NAP +3,1 m), zie 'Basisrapport Geohydrologie' [ref. 4]. Bij de andere hierboven genoemde maatregelen is namelijk niet zeker hoe de freatische lijn zal reageren. De overgangshoogte zetsteen-WAB is daarom gelijk gehouden aan het VKA, namelijk NAP +2,6 m. Met deltagootproeven (2017) met asfalt van de Lauwermeerdijk heeft Deltares [ref. 3] een criterium afgeleid waarmee kan worden bepaald of de faalkansbijdrage van ASP verwaarloosbaar klein is. De freatische lijn en de buitenwaterstand zijn belangrijke parameters welke in tijdens het stormverloop in meerdere tijdstappen moeten worden beschouwd. Indien wordt uitgegaan de maximale freatische lijn voor TPM (NAP +3,1 m), is 0,5 m laagdikte nodig van de onderrand (NAP +2,6 m) tot de hoogte van de freatische lijn (NAP +3,1 m), zie de rekensheet in onderstaande afbeelding.

#### Afbeelding I.4 Rekensheet ASP

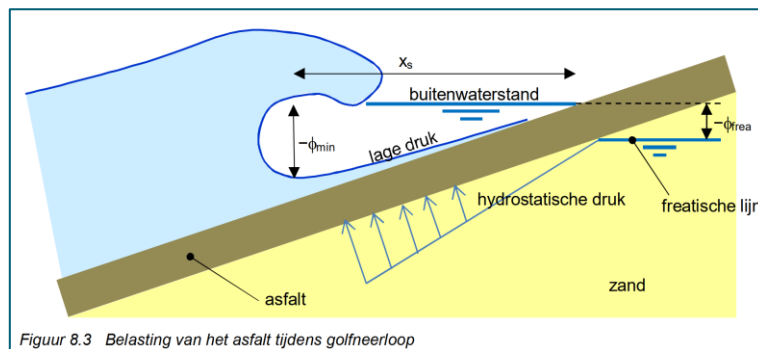
| Legenda                   |                           |          |                                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| invullen                  |                           |          |                                                                                                             |
| variëren                  |                           |          |                                                                                                             |
|                           | tov SWL                   | tov NAP  |                                                                                                             |
| SWL                       | 0                         | 3,00 [m] | hoogste normwaterstand is NAP +5,37 m binnen TPM                                                            |
| Zonderrand                | -0,40                     | 2,60 [m] | ontwerp onderrand asfalt is minimaal NAP +2,6 m binnen TPM                                                  |
| $\phi_{\min 10\%}$        | -0,88                     | 2,12 [m] | minimale stijghoogte op het talud                                                                           |
| $\phi_{\text{frea,krit}}$ | 0,19                      | 3,19 [m] | kritiek niveau van de freatische lijn onder het asfalt                                                      |
| $\phi_{\text{frea}}$      | 0,10                      | 3,10 [m] | hoogste niveau van freatische lijn onder het asfalt is NAP +3,1 m binnen TPM, zie tabblad 'freatische lijn' |
| Voldoet?                  | V                         |          |                                                                                                             |
| $\Delta_a$                | 1,23 [-]                  |          | relatieve soortelijke massa van het asfalt                                                                  |
| $\rho_a$                  | 2288 [kg/m <sup>3</sup> ] |          | soortelijke massa van het asfalt, uitgaande van gemiddelde van Lauwersmeerdijk                              |
| $\rho$                    | 1025 [kg/m <sup>3</sup> ] |          | soortelijke massa van zeewater                                                                              |
| D                         | 0,5 [m]                   |          | ontwerp dikte asfalt is 0,2 m binnen TPM                                                                    |
| $H_{m0}$                  | 2,87 [m]                  |          | hoogste significante golfhoogte is 2,87 m binnen TPM                                                        |
| $\xi_{op}$                | 1,00 [-]                  |          | brekerparameter                                                                                             |
| $s_{op}$                  | 0,08 [-]                  |          | golfsteilheid                                                                                               |
| g                         | 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]  |          | valversnelling                                                                                              |
| $T_p$                     | 7,43 [s]                  |          | hoogste piekperiode is 7,43 s binnen TPM                                                                    |
| $\alpha$                  | 15,9 [°]                  |          | taludhelling                                                                                                |
| talud                     | 3,5 [1:x]                 |          | ontwerp taludhelling ondertalud is 1:3,5 binnen TPM                                                         |

De rekensheet hierboven is gebaseerd op onderstaand criterium uit Deltagootonderzoek van Deltares [ref. 3].

#### Afbeelding I.5 Criterium ASP [ref. 3]

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het volgende criterium is afgeleid voor het maximaal toelaatbare niveau van de freatische lijn:                                                                   |                                                                                                                 |
| $\phi_{\text{frea}} < \Delta_a D \cos \alpha + \max(\phi_{\min 10\%}; Z_{\text{onderrand}})$                                                                      | (10.1)                                                                                                          |
| $\frac{\phi_{\min 10\%}}{H_{m0}} = \max \left\{ -0,14 \left( \frac{\xi_{op}}{\sqrt{\tan \alpha}} \right)^{1,25}; \frac{-2,1}{1 + 0,9 / \sqrt{\xi_{op}}} \right\}$ | (10.2)                                                                                                          |
| Met:                                                                                                                                                              |                                                                                                                 |
| $\phi_{\text{frea}}$                                                                                                                                              | = niveau van de freatische lijn ten opzichte van de buitenwaterstand (m)                                        |
| $\Delta_a$                                                                                                                                                        | = $(\rho_a - \rho)/\rho$ = relatieve soortelijke massa van het asfalt (-)                                       |
| D                                                                                                                                                                 | = dikte van asfalt (m)                                                                                          |
| $\rho_a$                                                                                                                                                          | = soortelijke massa van het asfalt (gemiddeld van huidige asfaltplaten: 2288 kg/m <sup>3</sup> )                |
| $Z_{\text{onderrand}}$                                                                                                                                            | = niveau van de onderrand van het asfalt ten opzichte van de stilwaterlijn (doorgaans een negatieve waarde) (m) |
| $H_{m0}$                                                                                                                                                          | = significante golfhoogte (m)                                                                                   |
| $\xi_{op}$                                                                                                                                                        | = $\tan \alpha / \sqrt{s_{op}}$ = brekerparameter op basis van $T_p$ (-)                                        |
| $s_{op}$                                                                                                                                                          | = $g H_{m0} / (2\pi T_p^2)$ = golfsteilheid op basis van de piekperiode (-)                                     |
| $T_p$                                                                                                                                                             | = golfperiode bij de piek van het spectrum (s)                                                                  |
| $\alpha$                                                                                                                                                          | = taludhelling (°)                                                                                              |

#### Afbeelding I.6 Schematische weergave ASP [ref. 3]



## I.4 Voorlanddammen Peazens-Moddergat

De benodigde steendiameter wanneer de voorlanddam niet volledig onder water staat is bepaald met de methode van Van der Meer. Deze methode wordt beschreven in hoofdstuk 6 van de Handreiking Dijkbekledingen [ref. 8]:

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = c_{pl} \cdot P^{0.18} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right) \cdot \xi_m^{-0.5} \quad (\text{plunging})$$

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = c_s \cdot P^{-0.13} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \cdot \sqrt{\cot(\alpha)} \cdot \xi_m^P \quad (\text{surging})$$

De benodigde steendiameter wanneer de voorlanddam volledig onder water staat is bepaald met formule 5.167 van de Rock Manual [ref. 10]:

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = A + B \frac{R_c}{D_{n50}} + C \left(\frac{R_c}{D_{n50}}\right)^2$$

Afbeelding I.7 Te hanteren coëfficiënten bij verschillende segmenten van de voorlanddam, zie tabel 5.39 in de Rock Manual [ref. 10]

| Segment       | A     | B       | C      |
|---------------|-------|---------|--------|
| Front slope   | 1.831 | -0.2450 | 0.0119 |
| Crest         | 1.652 | 0.0182  | 0.1590 |
| Back slope    | 2.575 | -0.5400 | 0.1150 |
| Total section | 1.544 | -0.230  | 0.053  |

Voor de berekening zijn de 1/1000 jaar condities gebruikt voor zowel het zichtjaar 2030 als 2080.

Afbeelding I.8 Resultaten zichtjaar 2030

| Symbol                            | Beschrijving                | Eenheid | Waarde  |         |           |           |             |             |             |             |             |             |           |              |  |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|--------------|--|
| h                                 | water level                 | m+NAP   | 0       | 0.5     | 1         | 1.5       | 2           | 2.5         | 3           | 3.5         | 4           | 4.5         | 5         |              |  |
| Rc                                | Freeboard                   |         | 1.975   | 1.475   | 0.975     | 0.475     | -0.025      | -0.525      | -1.025      | -1.525      | -2.025      | -2.525      | -3.025    |              |  |
|                                   | Emerged/submerged           |         | emerged | emerged | emerged   | emerged   | submerged   | submerged   | submerged   | submerged   | submerged   | submerged   | submerged |              |  |
| Rc / Dn50                         | Relative crest level        |         | 3.13    | 2.34    | 1.55      | 0.75      | -0.04       | -0.83       | -1.63       | -2.42       | -3.21       | -4.01       | -4.80     |              |  |
| Hs                                | Significante golfhoogte     | m       | 0.01    | 0.28    | 0.43      | 0.73      | 1.04        | 1.32        | 1.46        | 1.90        | 1.92        | 1.82        |           |              |  |
| Tm                                | Mean wave period            | s       | 0.70    | 1.32    | 2.26      | 3.01      | 3.77        | 3.97        | 4.43        | 4.92        | 5.25        | 5.52        |           | #WAARDE!     |  |
| N                                 | Aantal golven               |         | 7500    | 7500    | 7500      | 7179      | 5737        | 5447        | 4871        | 4389        | 4113        | 3912        |           | #WAARDE!     |  |
| Tp                                | Peak wave period            | s       | 0.81    | 1.52    | 2.60      | 3.46      | 4.33        | 4.56        | 5.10        | 5.66        | 6.04        | 6.35        |           |              |  |
| Tm-1.0                            | Spectral wave period        | s       | 0.74    | 1.38    | 2.36      | 3.15      | 3.94        | 4.15        | 4.64        | 5.15        | 5.49        | 5.77        |           | #WAARDE!     |  |
| H2%                               | 2 per cent wave height      | m       | #N/B    | #N/B    | 0.56      | 0.93      | 1.32        | 1.66        | 1.82        | 2.38        | 2.39        | 2.30        |           | #WAARDE!     |  |
| Es-1.0                            | Surf similarity parameter   | [-]     | 4.60    | 1.63    | 2.25      | 2.30      | 2.41        | 2.25        | 2.40        | 2.33        | 2.48        | 2.67        |           | #WAARDE!     |  |
| ξcr                               | Critical Inbarren parameter | [-]     | 3.33    | 3.33    | 3.33      | 3.33      | 3.33        | 3.33        | 3.33        | 3.33        | 3.33        | 3.33        |           | 3.33         |  |
| <b>Dn50 emerged</b>               |                             |         |         |         |           |           |             |             |             |             |             |             |           |              |  |
| Dn50                              | Plunging waves (ξm<ξcr)     | m       | #N/B    | #N/B    | 0.12      | 0.20      | 0.29        | 0.35        | 0.39        | 0.50        | 0.51        | 0.51        |           | #WAARDE!     |  |
| Dn50                              | Surging waves (ξm>=ξcr)     | m       | #N/B    | #N/B    | 0.19      | 0.31      | 0.41        | 0.54        | 0.56        | 0.74        | 0.71        | 0.65        |           | #WAARDE!     |  |
| Dn50                              | Nominale steendiameter      | m       | #N/B    | #N/B    | 0.13      | 0.22      | 0.32        | 0.39        | 0.43        | 0.55        | 0.57        | 0.56        |           | #WAARDE!     |  |
|                                   | Gradering Dn50              |         | #N/B    | #N/B    | 90/250 mm | 10-60 kg  | 40-200 kg   | 60-300 kg   | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg |           | #WAARDE!     |  |
|                                   | Steengradering              |         | #N/B    | #N/B    | 5-40 kg   | 40-200 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg |           | #WAARDE!     |  |
|                                   | Steengradering als emerged  |         | #N/B    | #N/B    | 5-40 kg   | 40-200 kg | n.a.        | n.a.        | n.a.        | n.a.        | n.a.        | n.a.        |           | n.a.         |  |
| <b>Dn50 submerged Rock Manual</b> |                             |         |         |         |           |           |             |             |             |             |             |             |           |              |  |
| Hs check submerged                | Dn50min van gradering       |         | 0.61    | 0.61    | 0.61      | 0.61      | 0.61        | 0.61        | 0.61        | 0.61        | 0.61        | 0.61        |           | 0.61         |  |
|                                   | Front slope                 |         | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.      | 1.73        | 1.92        | 2.13        | 2.36        | 2.60        | 2.86        |           | 3.13         |  |
|                                   | Crest                       |         | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.      | 1.55        | 1.64        | 1.94        | 2.44        | 3.13        | 4.03        |           | 5.13         |  |
|                                   | Back slope                  |         | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.      | 2.43        | 2.93        | 3.57        | 4.35        | 5.28        | 6.36        |           | 7.57         |  |
|                                   | Voldoet de gradering?       |         | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.      | voldoet     | voldoet     | voldoet     | voldoet     | voldoet     | voldoet     |           | voldoet niet |  |
|                                   | Gradering                   |         | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.      | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg |           | n.a.         |  |
| Resultaat                         | Gradering                   |         | #N/B    | #N/B    | 5-40 kg   | 40-200 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg |           | n.a.         |  |

# Afbeelding I.9 Resultaten zichtjaar 2080

| Symbol                            | Beschrijving                 | Eenheid | Waarde  |           |          |           |             |             |              |              |              |              |              |  |
|-----------------------------------|------------------------------|---------|---------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| h                                 | water level                  | m+NAP   | 0       | 0,5       | 1        | 1,5       | 2           | 2,5         | 3            | 3,5          | 4            | 4,5          | 5            |  |
| Rc                                | Freeboard                    |         | 1,975   | 1,475     | 0,975    | 0,475     | -0,025      | -0,525      | -1,025       | -1,525       | -2,025       | -2,525       | -3,025       |  |
|                                   | Emerged/submerged            |         | emerged | emerged   | emerged  | emerged   | submerged   | submerged   | submerged    | submerged    | submerged    | submerged    | submerged    |  |
| Rc / Dn50                         | Relative crest level         |         | 3,13    | 2,34      | 1,55     | 0,75      | -0,04       | -0,83       | -1,63        | -2,42        | -3,21        | -4,01        | -4,80        |  |
| Hs                                | Significante golfhoogte      | m       | 0,01    | 0,28      | 0,43     | 0,73      | 1,03        | 1,33        | 1,61         | 1,71         | 2,17         | 2,14         | 2,01         |  |
| Tm                                | Mean wave period             | s       | 0,70    | 1,32      | 2,26     | 3,01      | 3,75        | 4,44        | 4,57         | 4,97         | 5,48         | 5,77         | 6,02         |  |
| N                                 | Aantal golven                |         | 7500    | 7500      | 7500     | 7179      | 5763        | 4861        | 4731         | 4343         | 3943         | 3741         | 3590         |  |
| Tp                                | Peak wave period             | s       | 0,81    | 1,52      | 2,60     | 3,46      | 4,31        | 5,11        | 5,25         | 5,72         | 6,30         | 6,64         | 6,92         |  |
| Tm-1,0                            | Spectral wave period         | s       | 0,74    | 1,38      | 2,36     | 3,15      | 3,92        | 4,65        | 4,77         | 5,20         | 5,73         | 6,04         | 6,29         |  |
| H2%                               | 2 per cent wave height       | m       | #N/B    | 0,50      | 0,54     | 0,92      | 1,29        | 1,67        | 2,02         | 2,13         | 2,71         | 2,67         | 2,56         |  |
| ξs-1,0                            | Surf similarity parameter    | (-)     | 4,60    | 1,63      | 2,25     | 2,30      | 2,41        | 2,52        | 2,35         | 2,48         | 2,43         | 2,58         | 2,77         |  |
| ξcr                               | Critical Iribarren parameter | (-)     | 3,59    | 3,59      | 3,59     | 3,59      | 3,59        | 3,59        | 3,59         | 3,59         | 3,59         | 3,59         | 3,59         |  |
| <b>Dn50 emerged</b>               |                              |         |         |           |          |           |             |             |              |              |              |              |              |  |
| Dn50                              | Plunging waves (ξm<ξcr)      | m       | #N/B    | 0,13      | 0,16     | 0,28      | 0,39        | 0,51        | 0,59         | 0,64         | 0,79         | 0,80         | 0,79         |  |
| Dn50                              | Surging waves (ξm>=ξcr)      | m       | #N/B    | 0,20      | 0,22     | 0,36      | 0,50        | 0,63        | 0,76         | 0,79         | 1,00         | 0,98         | 0,92         |  |
| Dn50                              | Nominale steendiameter       | m       | #N/B    | 0,14      | 0,18     | 0,31      | 0,43        | 0,56        | 0,65         | 0,70         | 0,87         | 0,88         | 0,87         |  |
|                                   | Gradering Dn50               |         | #N/B    | 90/250 mm | 5-40 kg  | 40-200 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg |  |
|                                   | Steengradering               |         | #N/B    | 5-40 kg   | 10-60 kg | 40-200 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg | 1000-3000 kg | #VERWI       | 1000-3000 kg |  |
|                                   | Steengradering als emerged   |         | #N/B    | 5-40 kg   | 10-60 kg | 40-200 kg | n.a.        | n.a.        | n.a.         | n.a.         | n.a.         | n.a.         | n.a.         |  |
| <b>Dn50 submerged Rock Manual</b> |                              |         |         |           |          |           |             |             |              |              |              |              |              |  |
| Hs check submerged                | Dn50min van gradering        |         | 0,61    | 0,61      | 0,61     | 0,61      | 0,61        | 0,61        | 0,61         | 0,61         | 0,61         | 0,61         | 0,61         |  |
|                                   | Front slope                  | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.     | n.a.      | 1,73        | 1,92        | 2,13         | 2,36         | 2,60         | 2,86         | 3,13         |  |
|                                   | Crest                        | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.     | n.a.      | 1,55        | 1,64        | 1,94         | 2,44         | 3,13         | 4,03         | 5,13         |  |
|                                   | Back slope                   | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.     | n.a.      | 2,43        | 2,93        | 3,57         | 4,35         | 5,28         | 6,36         | 7,57         |  |
|                                   | Voldoet de gradering?        | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.     | n.a.      | voldoet     | voldoet     | voldoet      | voldoet      | voldoet      | voldoet      | voldoet      |  |
|                                   | Gradering                    | n.a.    | n.a.    | n.a.      | n.a.     | n.a.      | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | n.a.         |  |
| Resultaat                         | Gradering                    |         | #N/B    | 5-40 kg   | 10-60 kg | 40-200 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | 300-1000 kg  | n.a.         |  |

