



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zeeland

PZDT-2-98217

Aan  
ing. M. de Kroon

Van  
J.J. Flikweert

Doorkiesnummer  
0113 - 241404

Datum  
18 februari 1998

Bijlage(n)  
1

Onderwerp  
Ontwerpnota dijkverbetering Ser Arendspolder  
Kenmerk: PZDT-R-98217

Het bijgaande wordt u toegezonden

- |                                                                   |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> conform afspraak                         | <input type="checkbox"/> gaarne reactie voor    |
| <input type="checkbox"/> met verwijzing naar                      | <input type="checkbox"/> om te behouden         |
| <input type="checkbox"/> met verzoek de behandeling over te nemen | <input type="checkbox"/> gaarne retour voor     |
| <input type="checkbox"/> met verzoek om advies                    | <input type="checkbox"/> met dank voor inzage   |
| <input type="checkbox"/> met verzoek om commentaar                | <input type="checkbox"/> conform verzoek retour |
| <input type="checkbox"/> te uwer informatie                       |                                                 |

- Hierbij stuur ik u de ontwerpnota van Ser Arendspolder. Het betreft een eerste concept, dat intern nog nauwelijks doorgesproken is. Wij sturen het u nu al op vanwege de naderende vakantie. Als jullie nog opmerkingen hebben zouden wij die graag uiterlijk maandag 23 februari ontvangen. De nota wordt woensdag 25 februari verstuurd naar de Toetsgroep.

Met vriendelijke groet,

J.J. Flikweert

Projectbureau Zeeweringen  
Postadres p/a postbus 114, 4460 AC Goes  
Bezoekadres p/a waterschap Zeeuwse Eilanden, Piet Heinstraat 77, 4461 GL Goes

Telefoon 0113 - 24 13 70  
Telefax 0113 - 21 61 24

Het project Zeeweringen wordt uitgevoerd in samenwerking met de Zeeuwse waterschappen en de provincie Zeeland



001854 1998 PZDT-R-98217

ONTWERPNOTA SER ARENSPOLDER

DIJKVERBETERING SER-ARENDSPOLDER

Ontwerpnota

Versie 3

MAART 1998

doc.nr. PZDT-R-98217

## INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	4
1.1 Achtergrond	4
1.2 Doelstelling Ontwerpnota	4
1.3 Leeswijzer	5
2. SITUATIEBESCHRIJVING	6
2.1 Locatie projectgebied	6
2.2 Geometrie en bekleding	6
3. ONTWERP-CONDITIES	8
3.1 Uitgangspunten	8
3.2 Randvoorwaarden	8
3.2.1 Waterstanden	8
3.2.2 Golftrandvoorwaarden	9
3.2.3 Ecologische randvoorwaarden	9
4. TOETSING	10
4.1 Algemeen	10
4.2 Toetsing toplaag	10
4.2.1 Betonzuilen	11
4.2.2 Doornikse bloksteen	11
4.2.3 Betonblokken (op granulair materiaal)	12
4.2.4 Basaltzuilen	13
4.2.5 Petit granit	13
4.2.6 Diaboolblokken	14
4.2.7 Lessinische steen	14
4.2.8 Koperslakblokken	15
4.2.9 Betonblokken (op klei)	16
4.2.10 Grasbekleding bovenbeloop	16
4.3 Toetsing reststerkte bekleding	17
4.4 Conclusie	18
5. KEUZE BEKLEDING	19
5.1 Voorselectie	19
5.2 Beschikbaarheid	20
5.3 Constructieve toepasbaarheid	20
5.3.1 Taludhelling	20
5.3.2 Betonzuilen	21
5.3.3 Betonblokken	21
5.4 Ecologische toepasbaarheid	22
5.5 Afweging	23
5.6 Gekozen bekleding	24
6. DIMENSIONERING	25
6.1 Kreukelberm	25
6.1.1 Toplaag	25
6.1.2 Geokunststof	26
6.2 Teenconstructie	26
6.3 Bekleding	27
6.3.1 Toplaag	27
6.3.2 Uitvullaag	29
6.3.3 Geokunststof	29
6.3.4 Basismateriaal	30

6.4 Overgang boventafel-berm	30
6.5 Berm	31

FIGUREN  
LITERATUUR  
BIJLAGEN  
APPENDIX

## SAMENVATTING

In deze nota wordt het ontwerp beschreven van de verbetering van de glooiing van het dijkvak van de Ser-Arendspolder, in het kader van het Project Zeeweringen. Deze specifieke ontwerpnota behandelt de specifieke aspecten van dit dijkvak; algemene aspecten, geldig voor alle dijkvakken die worden voorbereid voor uitvoering in 1998, worden beschreven in een Algemene Ontwerpnota 1998.

Het dijkvak van de Ser-Arendspolder is in beheer bij het Waterschap Hulster Ambacht. De lengte van het vak is ongeveer 1950 m. De kern van de dijk bestaat uit klei tot aan de berm. De ondertafel is bekleed met verschillende soorten zetsteen van natuursteen (basaltzuilen, graniet, Doornikse bloksteen, Lessinische steen) en beton (zuilen, vlakke blokken en diaboolblokken). Deze zetsteen ligt op een granulaire laag. De boventafel is bekleed met betonblokken op klei. Berm en bovenbeloop zijn bekleed met gras op klei.

Voor de ontwerpen van de dijkvakken die worden voorbereid voor uitvoering in 1998 gelden de volgende algemene **uitgangspunten**:

- de gehele bekleding moet sterk genoeg zijn om niet te bezwijken tot aan de ontwerp-omstandigheden met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar;
- het ontwerp moet goed uitvoerbaar zijn en goede voorwaarden scheppen voor beheer en onderhoud;
- bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de omgeving (waaronder landschap, natuur, cultuurhistorie, recreatie, woon- en leefmilieu); met betrekking tot natuurwaarden geldt, dat het ontwerp moet leiden tot behoud en waar mogelijk tot verbetering van de natuurwaarden;
- er wordt gestreefd naar optimaal hergebruik van aanwezige materialen; dit geldt in de eerste plaats binnen het dijkvak zelf, en indien dat niet mogelijk is binnen het Project Zeeweringen als geheel;
- vertragingen in ontwerp, procedures en uitvoering moeten worden vermeden; dit betekent onder meer dat er naar gestreefd wordt alleen oplossingen toe te passen die in de praktijk bewezen zijn.

Voor het vak van de Ser-Arendspolder gelden specifieke **randvoorwaarden** met betrekking tot de golfaanval en met betrekking tot de natuurwaarden. Afhankelijk van de waterstand varieert de golfhoogte  $H_s$  tussen 0,9 m en 2,2 m en de periode  $T_p$  tussen 6,2 s en 6,8 s. De randvoorwaarden met betrekking tot de natuurwaarden zijn geformuleerd als de bekledingscategorie die minimaal nodig is voor ofwel *herstel* van de huidige natuurwaarden, ofwel *verbetering* van de natuurwaarden voor zover die mogelijk is, uitgaand van de natuurlijke omstandigheden van het dijkvak. Voor *herstel* van de huidige natuurwaarden kan in dit dijkvak elk toepasbaar bekledingstype worden gebruikt. *Verbetering* van de natuurwaarden is niet relevant voor de getijdezone, voor de zone boven Gemiddeld Hoogwater bestaan wel mogelijkheden voor verbetering mits bepaalde bekledingstypen worden gekozen (betonzuilen met of zonder ecotop).

**Toetsing** van de huidige bekleding van het dijkvak is nodig om vast te stellen welke delen van de bekleding moeten worden verbeterd. Deze toetsing is uitgevoerd conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid. Daarbij is rekening gehouden met de aspecten beheerdersoordeel, afschuiving, materiaaltransport, stabiliteit toplaag onder golfaanval en reststerkte. De gehele bekleding is beoordeeld als 'onvoldoende' en moet worden verbeterd. De grasbekleding van het bovenbeloop boven de berm is beoordeeld als 'goed'.

**De keuze van het bekledingstype** wordt bepaald door de beschikbaarheid van materiaal, constructieve toepasbaarheid, ecologische toepasbaarheid, uitvoeringstechnische aspecten en kosten. Voor de verbetering van de bekledingen die als 'onvoldoende' zijn beoordeeld, worden binnen het project alleen bewezen bekledingstypen gebruikt, op grond van het uitgangspunt dat uitvoering in 1998 mogelijk moet zijn. Uit dat oogpunt zijn vier bekledingstypen mogelijk:

- nieuwe betonzuilen op een uitvullaag op een vlies;
- hergebruik van natuursteen op een uitvullaag op een vlies;
- hergebruik van betonblokken op een uitvullaag op een vlies;
- uitstellen van de verbetering en in later stadium overlagen van de bestaande bekleding met breuksteen.

Hergebruik van natuursteen is voor dit dijkvak geen optie vanwege de uitvoeringstechnische moeilijkheden die daarbij worden verwacht. Er zijn voor dit dijkvak geen bijzondere redenen (esthetiek, inpassing) om toch voor hergebruik van natuursteen te kiezen.

Het uitstellen van de verbetering voor latere overlaging wordt alleen overwogen als zich onderin de glooiing een 'onvoldoende' bekleding en daarboven een te handhaven bekleding bevindt. Deze situatie doet zich in dit dijkvak niet voor. Uitstellen en overlagen is voor dit dijkvak dus geen optie.

Geconcludeerd wordt, dat voor dit dijkvak gekozen moet worden tussen nieuwe betonzuilen en hergebruik van betonblokken.

Voor de getijdezone geldt, dat toepassing van gekantelde betonblokken uit constructief oogpunt niet mogelijk is. De huidige taludhelling van de ondertafel is zeer steil; om deze helling te verflauwen moet onder de bekleding een aanvulling van granulair materiaal worden aangebracht. Dit heeft een zodanig negatief effect op de stabiliteit van de toplaag, dat een bekleding van gekantelde betonblokken niet mogelijk is. Voor de getijdezone moet daarom worden gekozen voor een bekleding van betonzuilen. Omdat een ecotop op deze locatie geen meerwaarde heeft, worden zuilen zonder ecotop toegepast.

Voor de zone boven gemiddeld hoogwater geldt, dat gekantelde betonblokken alleen kunnen worden toegepast als de taludhelling voldoende flauw is. Gekozen wordt voor toepassing van betonzuilen. Verwacht wordt namelijk, dat de beschikbare betonblokken alle met een grotere veiligheidsmarge kunnen worden hergebruikt in de werken die worden voorbereid voor uitvoering in 1999. Ook in deze zone heeft een ecotop geen meerwaarde.

Het **detailontwerp** van het dijkvak bestaat van onder naar boven uit de volgende onderdelen:

- een kreukelberm van breuksteen op een geokunststof met een rietmat. Daarboven een teenconstructie, bestaand uit een teenschot ondersteund door azobépalen;
- op de gehele glooiing een nieuwe bekleding, met een toplaag van betonzuilen (dikte 0,35 m, soortelijke massa  $2700 \text{ kg/m}^3$ ), op een granulaire uitvullaag (steenslag, sortering 14/32 mm, laagdikte 0,10 m) op een vlies (maximum maaswijdte  $O_{90}$  van  $100 \mu\text{m}$ );
- tussen glooiing en berm een afgeronde overgang van betonzuilen op een uitvullaag op een vlies;
- op de berm een onderhoudsstrook van slakken op een weefsel, later af te werken met een laag asfaltbeton.



## 1. INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

Uit onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is gebleken dat een groot deel van de taludbekledingen van de glooiingen van zeedijken in Zeeland niet sterk genoeg is. De belangrijkste problemen doen zich voor bij bekledingen van betonblokken die direct op een onderlaag van klei liggen. Om dit probleem op te lossen is door Rijkswaterstaat het Project Zeeweringen opgestart. Binnen het Project Zeeweringen wordt, in samenwerking met de Zeeuwse Waterschappen en de Provincie Zeeland, de taludbekleding van de primaire waterkeringen in Zeeland zodanig verbeterd dat ze voldoet aan de wettelijke eisen.

Voor uitvoering in 1998 zijn zes dijkvakken langs de Westerschelde uitgekozen; één van deze zes dijkvakken is de Ser-Arendspolder. Het ontwerp van dit dijkvak is het onderwerp van deze nota.

In het ontwerp wordt alleen de bekleding van het buitentalud van de glooiing, vanaf de teen tot aan het bovenbeloop beschouwd. Kruin, kern, ondergrond en binnentalud worden niet in het ontwerp betrokken. De berm wordt bij het ontwerp betrokken voor zover dat voor de uitvoering van de werken van belang is.

### 1.2 Doelstelling Ontwerpnota

De gemaakte ontwerpen worden formeel vastgelegd in ontwerpnota's. In deze nota's moet een inzichtelijke beschrijving worden gegeven van de uitgangspunten en van de ontwerpkeuzes die op grond daarvan worden gemaakt.

Ter verbetering van de helderheid is besloten om de ontwerpnota's te splitsen. Aspecten die voor alle werken in 1998 gelden worden beschreven in een Algemene Nota [1], terwijl de specifieke aspecten voor elk dijkvak in aparte ontwerpnota's worden vastgelegd. De voorliggende nota is de specifieke ontwerpnota voor de Ser-Arendspolder.

Voor deze specifieke nota kan de volgende doelstelling worden geformuleerd: de nota moet een beschrijving geven van

- de specifieke aspecten die van belang zijn voor het ontwerp van de taludbekleding van de glooiing van de Ser-Arendspolder;
- toetsings- en ontwerpberoeeningen;
- het resulterend ontwerp.

Het resulterend ontwerp moet daarnaast zodanig worden beschreven dat het een overzicht geeft van de ontwerpgegevens die moeten worden opgenomen in het systeem van leggers en beheersregisters van de waterschappen.

### 1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijkvak beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de ontwerp-uitgangspunten en de randvoorwaarden. In Hoofdstuk 4 komt de toetsing van de huidige bekleding aan de orde en wordt geconcludeerd welke delen wel en niet binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In Hoofdstuk 5 wordt op basis van de vastgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden een principe-oplossing gekozen voor elk gedeelte van het dijkvak dat moet worden verbeterd. In Hoofdstuk 6 tenslotte wordt de dimensionering van de bekledingen beschreven.

## 2. SITUATIEBESCHRIJVING

### 2.1 Locatie projectgebied

Het dijkvak van de Ser-Arendspolder ligt in Zeeuws-Vlaanderen, in het beheersgebied van het Waterschap Hulster Ambacht, nabij Kloosterzande. De locatie is weergegeven in Figuur 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering heeft een lengte van ongeveer 1950 m en ligt tussen dp 329,63 (noordgrens) en dp 349,18 (zuidgrens).

### 2.2 Geometrie en bekleding

De geometrie van de bestaande glooiing van het dijkvak kan globaal worden beschreven door één karakteristiek dwarsprofiel. Ter indicatie is het dwarsprofiel rond dp 338 weergegeven in Figuur 2.

Voor een schematische weergave van de bekleding van het gehele dijkvak wordt verwezen naar Figuur 3a.

Het interessegebied strekt zich uit vanaf de teen tot aan het bovenbeloop. Van belang voor het ontwerp zijn de kern van de dijk en de bekleding van de dijk (toplaag, granulaire onderlaag en basismateriaal). Ten behoeve van toetsing en ontwerp is de situatie van de glooiingen geïnventariseerd.

De kern van de dijk is opgebouwd uit klei tot aan het niveau van de berm, rond NAP+6 m.

Verticaal gezien bestaat de bekleding uit vijf relevante gedeelten: teen, ondertafel, boventafel, berm en bovenbeloop.

Het niveau van de teen varieert van NAP tot NAP+1,5 m. Onderaan de bekleding is op sommige plaatsen een bestorting aanwezig, terwijl de teen op andere plaatsen is aaneenzand.

De bekleding wordt in tweeën gedeeld door een overgang rond NAP+3,0 m; dit is ongeveer 1 m boven Gemiddeld hoogwater (GHW).

Het gedeelte van de steenbekleding vanaf de teen tot aan de overgang wordt de ondertafel genoemd. De taludhelling van de ondertafel varieert tussen 1:2,4 en 1:4,0. De vakindeling van de bekleding is complex:

- op het meest noordelijke gedeelte, dp 329,63 - dp 330,8, is de gehele ondertafel bekleed met basaltzuilen;
- op het gedeelte dp 330,8 - dp 340 liggen onder NAP+1,5 m betonzuilen of Doornikse blokken. Daarboven, tot aan NAP+3,1 m, ligt een strook met een variërende bekleding van betonblokken, basaltzuilen en 'petit granit'. Daarboven, tot aan de overgang op NAP+3,8 m, ligt een strook van diaboolblokken;
- op het meest zuidelijke gedeelte, dp 340 - dp 348,4, ligt onder NAP+3 m een bekleding van basaltzuilen, diaboolblokken of Lessinische steen. Bovenin deze strook liggen enkele kleine vakjes met petit granit. Het bovenste deel van de ondertafel is ook hier bekleed met diaboolblokken.

De toplaag van de bekleding ligt op een granulaire laag, het basismateriaal bestaat uit klei.

Het bovenste gedeelte, tussen de overgang op NAP+3,8 m en de berm rond NAP+5,8 m, wordt de **boventafel** genoemd. De taludhelling is ongeveer 1:4,5, de bekleding bestaat uit betonblokken van 0,5 m bij 0,5 m met een dikte van 0,20 m. Deze blokken liggen direct op klei.

Op de **berm** ligt een onderhoudstrook van betonblokken, met een breedte van 10 blokken. De rest van de berm en het **bovenbeloop** tussen berm en kruin hebben een bekleding van gras op klei.

### 3. ONTWERP-CONDITIES

#### 3.1 Uitgangspunten

In de Algemene Nota voor de dijkvakken van 1998 wordt een beschrijving gegeven van uitgangspunten die in het algemeen gelden voor dijkversterking en van de uitgangspunten die in het bijzonder gelden voor de werken die in 1998 worden uitgevoerd. Op grond hiervan zijn de volgende technische uitgangspunten voor het ontwerp vastgesteld:

- de gehele bekleding moet sterk genoeg zijn om niet te bezwijken tot aan de ontwerp-omstandigheden met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar;
- het ontwerp moet goed uitvoerbaar zijn en goede voorwaarden scheppen voor beheer en onderhoud;
- bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de omgeving (waaronder landschap, natuur, cultuurhistorie, recreatie, woon- en leefmilieu); met betrekking tot natuurwaarden geldt, dat het ontwerp moet leiden tot behoud en waar mogelijk tot verbetering van de natuurwaarden;
- er wordt gestreefd naar optimaal hergebruik van aanwezige materialen; dit geldt in de eerste plaats binnen het dijkvak zelf, en indien dat niet mogelijk is binnen het Project Zeeweringen als geheel;
- vertragingen in ontwerp, procedures en uitvoering moeten worden vermeden; dit betekent onder meer dat er naar gestreefd wordt alleen oplossingen toe te passen die in de praktijk bewezen zijn.

#### 3.2 Randvoorwaarden

##### 3.2.1 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden die van belang kunnen zijn voor het ontwerp zijn weergegeven in Tabel 3.1. De waarde voor Gemiddeld Hoogwater is gebaseerd op de Inventarisatie door Grondmechanica Delft [2], het Toetspeil 2000.0 is gebaseerd op het Randvoorwaardenboek [3], het Ontwerppeil 2050 is gebaseerd op de nota 'De basispeilen langs de Nederlandse kust' [4]. Voor de bepaling van dit ontwerppeil is een zeespiegelrijzing voor de duur van 65 jaar opgeteld bij de vastgestelde basispeilen voor 1985.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	Gemiddeld Hoogwater	Toetspeil 2000.0	Ontwerppeil 2050
100	329,63-349,18	2,30	5,20	6,20

Tabel 3.1: Karakteristieke waterstanden

### 3.2.2 Golfrandvoorwaarden

De golfrandvoorwaarden voor het ontwerp worden bepaald door het gekozen uitgangspunt dat de dijk sterk genoeg moet zijn om veiligheid tegen overstroming te bieden tot aan een hoogste hoogwaterstand met een gemiddelde overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. De maatgevende golfgegevens bij verschillende waterstanden zijn met behulp van modelberekeningen vastgesteld door RIKZ [5]. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3.2. De aangegeven golfrichting betreft de hoek ten opzichte van het noorden die hoort bij de gegeven maatgevende golfbelasting.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	golfrichting [°]	waterstand NAP+6 m		waterstand NAP+4 m		waterstand NAP+2 m	
			$H_s$	$T_p$	$H_s$	$T_p$	$H_s$	$T_p$
100 -99 (100a)	329,63-336,8	280	2,2	6,8	1,8	6,2	1,2	6,2
100 (100b)	336,8-344,6	280	2,2	6,8	1,8	6,2	1,1	6,2
100 -101 (100c)	344,6-349,18	280	2,1	6,8	1,6	6,2	0,9	6,2

**Tabel 3.2: Golfrandvoorwaarden**

Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij waterstanden lager dan NAP+2 m is de maximale golfhoogte gelijk aan 70 % van de waterdiepte ( $H_s = 0,7 \times d$ ).

### 3.2.3 Ecologische randvoorwaarden

In de Milieu-inventarisatie [6] is voor het dijkvak een inventarisatie gemaakt van de huidige natuurwaarden en van de potenties voor natuurontwikkeling. Bovendien zijn alle relevante bekledingstypen op grond van hun ecologische kenmerken verdeeld in categorieën. Voor elk gedeelte van het dijkvak is vervolgens vastgesteld welke categorie bekledingstype minimaal moet worden toegepast om de natuurwaarden respectievelijk te herstellen en te verbeteren. Voor de indeling van de bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie [6] en naar de Algemene Nota [1].

Ten opzichte van versie 5 van de Milieu-inventarisatie (d.d. 8 augustus 1997) is voor een aantal vakken boven GHW de minimaal benodigde categorie voor herstel van natuurwaarden veranderd van 'goed' naar 'matig (mits losse elementen)'. Met deze aanpassing is rekening gehouden in het ontwerp. Voor het gehele dijkvak gelden dezelfde voorwaarden. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.3.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdzone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
100	329,63-349,18	geen voorkeur	matig	matig	goed

**Tabel 3.3: Minimaal benodigd type dijkbekleding**

## 4. TOETSING

### 4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft de toestand van de bekledingen van de glooiingen geïnventariseerd [2]. Deze inventarisatie was de directe aanleiding tot het Project Zeeweringen. Ook de bekleding van het dijkvak van de Ser-Arendspolder is in dat kader globaal getoetst aan de hand van de Leidraad Toetsen op Veiligheid; de gehele getoetste bekleding van het dijkvak is daarbij beoordeeld als 'onvoldoende'. In het inventarisatierapport is aangegeven dat de geldigheid van dit resultaat wordt beperkt doordat

- niet alle gegevens beschikbaar waren;
- de gebruikte golfbrandvoorwaarden eigenlijk niet zijn bedoeld voor toetsing van bekledingen;
- de gebruikte rekenmethodes slechts indicatief zijn.

De uitgevoerde globale toetsing is dan ook niet geschikt als basis voor het ontwerp.

Op grond van de verbeterde gegevens (zie Hoofdstuk 2) en de verbeterde golfbrandvoorwaarden (zie § 3.2) zijn nieuwe toetsingsberekeningen uitgevoerd. Wederom is gewerkt volgens de Leidraad [7]. Deze toetsing wordt in dit Hoofdstuk beschreven.

Een korte beschrijving en een schematische weergave van het toetsingsproces zijn opgenomen in Appendix A. Uit de figuur in de Appendix volgt, dat bij toetsing de volgende aspecten stapsgewijs moeten worden behandeld:

- schade-ervaring beheerder;
- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteit toplaag;
- reststerkte.

De toetsing van de toplaag en van de reststerkte van de bekleding worden in de volgende paragrafen apart behandeld. Aansluitend wordt het eindresultaat van de toetsing vastgesteld, op grond waarvan wordt geconcludeerd welke delen van de bekleding moeten worden verbeterd.

### 4.2 Toetsing toplaag

De toetsing wordt beschreven per bekledingstype en globaal van onder naar boven.

In de ondertafel van het dijkvak liggen bekledingen van:

- betonzuilen;
- Doornikse bloksteen;
- betonblokken;
- basaltzuilen;
- petit granit;
- diaboolblokken;
- lessinische steen;
- koperslakblokken.

Al deze bekledingen liggen op een granulaire onderlaag.

De gehele boventafel is bekleed met betonblokken op klei.

Meer gedetailleerde informatie over de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen is opgenomen in Bijlage 1. Voor de verschillende dijkvakken is in de Bijlage een aparte bladzijde opgenomen. Het voorblad van Bijlage 1 bevat een inhoudsopgave.

#### 4.2.1 Betonzuilen

De bekleding van betonzuilen komt voor op het gedeelte dp 330,8-dp 332,6, onderin de ondertafel.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.1.

parameter	waarde	basis
randvoorwaardenvak	100a	
bovengrens bekleding [m+NAP]	2,0	metingen
steilste taludhelling	1:1,4	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,25	metingen
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2300	aanname

**Tabel 4.1: Gegevens toetsing betonzuilen**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van betonzuilen beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.2 Doornikse bloksteen

De bekleding van Doornikse bloksteen komt voor op het gedeelte dp 332,6 - dp 340,0, onderin de ondertafel.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.2.



parameter	waarde		basis
	locatie [dp]	332,6-336,8	
randvoorwaardenvak	100a	100b	
bovengrens bekleding [m+NAP]	1,9	1,85	metingen
steilste taludhelling	1:3,2	1:2,6	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,25	0,25	aanname
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2600	2600	aanname

Tabel 4.2: Gegevens toetsing Doornikse bloksteen

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van Doornikse bloksteen beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.3 Betonblokken (op granulair materiaal)

De bekleding van betonblokken op granulair materiaal komt voor op twee plaatsen in de ondertafel: het gedeelte dp 330,8 - dp 331,7 en het gedeelte dp 333,9 - dp 336,4. In beide gevallen ligt deze bekleding halverwege de ondertafel.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.3.

Parameter	waarde		basis
	locatie [dp]	330,8-331,7	
randvoorwaardenvak	100a	100a	
bovengrens bekleding [m+NAP]	3,1	3,1	metingen
steilste taludhelling	1:3,4	1:3,0	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,2	0,2	besteksgegevens
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2300	2300	aanname

Tabel 4.3: Gegevens toetsing betonblokken op granulair materiaal

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van betonzuilen beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.4 Basaltzuilen

In het dijkvak bevinden zich drie vakken met een bekleding van basaltzuilen:

- dp 329,6 - dp 330,8;
- dp 331,7 - dp 333;
- dp 337 - dp 344,6.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.4.

Parameter	waarde			basis
	329,6-330,8	331,7-333,0	337,0-344,6	
locatie [dp]	100a	100a	100b	
randvoorwaardenvak	100a	100a	100b	
bovengrens bekleding [m+NAP]	3,9	3,1	3,0	metingen
steilste taludhelling	1:3,5	1:3,0	1:2,8	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,27	0,20	0,25	besteksgegevens
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2900	2900	2900	aanname

**Tabel 4.4: Gegevens toetsing basaltzuilen**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *gedetailleerde methode* voor het gedeelte dp 329,6 - dp 330,8, 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode* voor de andere twee gedeelten.

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van basaltzuilen beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.5 Petit granit

In het dijkvak bevinden zich vier vakjes met een bekleding van 'petit granit'-blokken:

- dp 332,9 - dp 333,9;
- dp 336,4 - dp 336,8;
- rond dp 342,8;
- rond dp 347.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.5.

Parameter	waarde				basis
	332,9-333,9	336,4-336,8	342,8	347	
locatie [dp]	332,9-333,9	336,4-336,8	342,8	347	
randvoorwaardenvak	100a	100a	100b	100c	
bovengrens bekleding [m+NAP]	3,1	3,1	3,0	2,8	metingen
steilste taludhelling	1:3,0	1:3,0	1:2,8	1:3,0	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,20	0,20	0,20	0,20	aanname
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2600	2600	2600	2600	aanname

**Tabel 4.5: Gegevens toetsing petit granit**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van petit granit beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.6 Diaboolblokken

Dit bekledingstype komt voor in de ondertafel. Op het gedeelte dp 330,8 - dp 349,2 ligt een strook tussen NAP+3,1 m en NAP+3,7 m à 3,9 m. Op het gedeelte dp 344,6 - dp 345,9 is deze strook verder doorgetrokken tot aan de teen, rond NAP+1,5 m.

Dit bekledingstype wordt in overleg met de beheerder als 'onvoldoende' beoordeeld op grond van de overweging dat diaboolblokken ongunstig zijn uit het oogpunt van beheer. Door de onderlinge samenhang van de blokken zakt de toplaag niet als er uitspoeling van filtermateriaal optreedt: deze vorm van schade is dan niet waarneembaar.

Op grond van het beheerdersoordeel wordt de toplaag van diaboolblokken als 'onvoldoende' beoordeeld.

#### 4.2.7 Lessinische steen

Dit bekledingstype bevindt zich op het gedeelte dp 345,9 - dp 348,4, onderin de ondertafel.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.6.

parameter	waarde	basis
randvoorwaardenvak	100c	
bovengrens bekleding [m+NAP]	2,9	metingen
steilste taludhelling	1:2,8	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,2	metingen
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2600	aanname

**Tabel 4.6: Gegevens toetsing Lessinische steen**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van Lessinische steen beoordeeld als 'onvoldoende'.

#### 4.2.8 Koperslakblokken

Dit bekledingstype bevindt zich op het gedeelte dp 348,4 - dp 349,18, onderin de ondertafel.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.7.

parameter	waarde	basis
randvoorwaardenvak	100c	
bovengrens bekleding [m+NAP]	2,9	metingen
steilste taludhelling	1:2,8	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,2	metingen
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2700	aanname

**Tabel 4.7: Gegevens toetsing koperslakblokken**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van koperslakblokken beoordeeld als 'onvoldoende'.

4.2.9 Betonblokken (op klei)

De gehele boventafel is bekleed met betonblokken op klei.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.8.

Parameter	waarde			basis
	329,6-336,8	336,8-344,6	344,6-349,18	
locatie [dp]	100a	100b	100c	
randvoorwaardenvak	100a	100b	100c	
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,8	5,8	5,8	metingen
steilste taludhelling	1:4,4	1:4,4	1:4,5	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,20	0,20	0,20	besteksgegevens
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2300	2300	2300	aanname

**Tabel 4.8: Gegevens toetsing betonblokken op klei**

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

**Beheerdersoordeel:** niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd

**Afschuiving:** 'goed'

**Materiaaltransport:** 'onvoldoende'

**Stabiliteit:** 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op grond van de onvoldoende beoordeling van materiaaltransport en stabiliteit wordt de toplaag van betonblokken op klei beoordeeld als 'onvoldoende'.

4.2.10 Grasbekleding bovenbeloop

Het bovenbeloop ligt hoger dan de Maatgevende Hoogwaterstand en hoeft dus niet te worden ontworpen op golfbelasting. De functie van het bovenbeloop is het opvangen van de golfloop: het bovenbeloop wordt dus wel belast door het water dat vanuit de golven naar boven en terug naar beneden stroomt.

Er bestaat voor dit aspect geen in detail uitgewerkte toetsingsmethode. In het kader van het Project Zeeweringen is een analyse gemaakt van het onderzoek dat in het verleden naar dit aspect is uitgevoerd. Op grond daarvan is vastgesteld dat toetsing op dit aspect nodig is tot aan het niveau van de Maatgevende Hoogwaterstand plus de helft van de bijbehorende ontwerpgolfhoogte  $H_s$ . De significante golfhoogte op het niveau NAP+6,2 m heeft volgens Tabel 3.2 een waarde van 2,2 m; het topniveau van de te toetsen strook is dus ongeveer NAP+7,3 m.

Verder is vastgesteld welke golfhoogten zeker door een grasbekleding kunnen worden weerstaan, afhankelijk van de taludhelling. De gevonden waarden, die gelden voor de zone boven de berm, zijn weergegeven in Tabel 4.9.

taludhelling	maximale $H_s$ [m]
1:3,5	2,3
1:7,0	2,9

**Tabel 4.9: Toetsing grasbekleding bovenbeloop**

Tussen de gegeven taludhellingen moet lineair worden geïnterpoleerd. Voor de Ser-Arendspolder geldt, dat de taludhelling van het bovenbeloop ongeveer 1:4 is. De grenswaarde van de golfhoogte  $H_s$  bedraagt daarom 2,4 m. In het hele dijkvak is de maatgevende golfhoogte lager dan deze grenswaarde (zie Tabel 3.2). Op grond daarvan wordt het met gras beklede bovenbeloop als 'goed' beoordeeld. De grasbekleding is sterk genoeg, zodat op het bovenbeloop geen steenbekleding nodig is.

#### 4.3 Toetsing reststerkte bekleding

Toetsing van de reststerkte is alleen relevant voor die vakken waarvan de toplaag is beoordeeld als 'onvoldoende'. Voor dit dijkvak is dat de gehele bekleding.

Bij de toetsing van de reststerkte van de bekleding is de volgende werkwijze gevolgd: de reststerkte wordt slechts als 'voldoende' beoordeeld als

- de ontwerpgolfhoogte  $H_s$  duidelijk kleiner is dan 2 m; én,
  - de kern van de dijk tot voldoende hoogte uit goede klei bestaat; of,
  - er een laag van goede klei met voldoende dikte op de kern ligt.

Voor de boventafel is de ontwerpgolfhoogte  $H_s$  groter dan 2 m; de beoordeling van de reststerkte van de boventafel is daarom direct 'onvoldoende'. Voor de ondertafel varieert de ontwerpgolfhoogte  $H_s$  globaal van 1 tot 2 m.

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 2 bestaat de kern van de dijk uit klei tot aan het niveau NAP+6 m. Er bestaan echter enkele bezwaren tegen het in rekening brengen van reststerkte: in het algemeen is er onvoldoende informatie over de niveaus van onder- en bovenkant van de kleikern en over de exacte opbouw en kwaliteit van de klei. Volgens de Leidraad wordt bij twijfel over de reststerkte van de bekleding een eindscore 'nader onderzoek' gegeven. In dit geval echter is nader onderzoek niet goed mogelijk: om een representatief en voldoende betrouwbaar beeld van de kleikern te krijgen zou het onderzoek zeer fijnmazig moeten zijn. Bovendien zou de opbouw van de klei juist door het onderzoek sterk worden verstoord.

Op grond van deze overwegingen wordt de reststerkte van het gehele vak als 'onvoldoende' beoordeeld.

Overigens wordt opgemerkt, dat bij een beroep op de reststerkte van de ondertafel er toch een keuze zou moeten worden gemaakt tussen enerzijds het aanbrengen van een extra sterke overgangsconstructie ter ondersteuning van de nieuwe bekleding van de boventafel, en anderzijds het alsnog verbeteren van de (op zich 'onvoldoende') bekleding van de ondertafel.

#### 4.4 Conclusie

Het eindresultaat van de toetsing is weergegeven in Tabel 4.10.

dijkvak	locatie [dp]	toetsingsresultaat		
		ondertafel	boventafel	bovenbeloop
100	329,63-349,18	onvoldoende	onvoldoende	goed

**Tabel 4.10: Toetsingsresultaat**

Het toetsingsresultaat wordt grafisch weergegeven in Figuur 3b.

## 5. KEUZE BEKLEDING

In dit Hoofdstuk wordt voor het hele dijkvak de keuze van het bekledingstype beschreven.

Het toetsingsresultaat is weergegeven in Tabel 4.10. De delen die zijn beoordeeld als 'onvoldoende' moeten worden verbeterd. Dit betreft de volledige bekleding.

De keuze van het bekledingstype wordt beschreven aan de hand van de volgende stappen:

- voorselectie;
- beschikbaarheid;
- technische toepasbaarheid;
- ecologische toepasbaarheid;
- afweging en keuze.

### 5.1 Voorselectie

In de Algemene Nota is op grond van de vastgestelde uitgangspunten geconcludeerd dat alleen de oplossingsrichting 'zetsteen op een uitvullaag op een vlies' beschikbaar is voor uitvoering in 1998. In principe zijn de volgende typen zetsteen mogelijk:

- betonzuilen (nieuw aan te voeren);
- natuursteen (hergebruik);
- betonblokken (hergebruik).

Hergebruik van natuursteen heeft belangrijke uitvoeringstechnische nadelen. Het herzetten van natuursteen wordt daarom in het Project vooralsnog niet nader beschouwd tenzij hiervoor bijzondere redenen zijn (esthetiek, inpassing, etc.); dat is voor dit dijkvak niet het geval. Natuursteen dat vrijkomt wordt deels in depot gezet en deels verwerkt in de kreukelberm. Van de drie genoemde typen zetsteen worden dus alleen nieuw aan te voeren betonzuilen en hergebruikte betonblokken beschouwd als mogelijke bekledingstypen.

Naast de drie typen zetsteen is er een vierde optie: het overlagen van de bestaande bekleding met breuksteen. Dit is met name van belang in situaties waarin het onderste deel van de bekleding moet worden verbeterd, terwijl een hogergelegen deel kan worden gehandhaafd. Overlagen met breuksteen is in zo'n geval een alternatief voor het vervangen van zowel de 'onvoldoende' als de 'goede' bekleding door een nieuwe bekleding. Als door het overlagen niet een 'goede' middentafel kan worden gespaard, valt deze oplossingsrichting bij voorbaat af op grond van de hogere kosten en het nadeel van het uitstellen van de verbetering.

In dit dijkvak doet deze situatie zich niet voor. Overlagen met breuksteen wordt daarom in het vervolg van dit hoofdstuk niet beschouwd als een oplossingsrichting.



## 5.2 Beschikbaarheid

Aanvoer van nieuwe **betonzuilen** is in alle gevallen mogelijk.

Vanuit verschillende locaties zijn **betonblokken** beschikbaar voor hergebruik, namelijk uit de huidige bekleding, uit depot van de werken die in 1997 zijn uitgevoerd en uit andere werken die in 1998 zullen worden uitgevoerd. Het uitgangspunt voor het project is, dat het huidige bekledingsmateriaal optimaal moet worden hergebruikt. Ook aanvoer vanuit veraf gelegen depots of dijkvakken wordt dus in principe in de beschouwing betrokken. Voor dit dijkvak geldt echter, dat uit de huidige bekleding meer dan voldoende betonblokken beschikbaar zijn voor toepassing in gekantelde vorm in de nieuwe bekleding; het betreft ongeveer 90.000 blokken met afmetingen 0,50 m × 0,50 m × 0,20 m. Eventueel beschikbare blokken uit verder verwijderde depots of bestaande bekledingen worden voor dit dijkvak niet in de beschouwing betrokken. Blokken met kleinere lengte- en breedte-afmetingen dan 0,50 m zijn in het algemeen oud en van slechte kwaliteit, en daardoor niet geschikt voor hergebruik als gezette steenbekleding. Op grond daarvan worden deze blokken in principe niet meegenomen in de afweging.

Over de her te gebruiken materialen wordt opgemerkt, dat wordt gestreefd naar optimaal hergebruik; dit houdt in dat de afweging moet worden uitgevoerd in combinatie met de andere werken die worden uitgevoerd of voorbereid, waar dit zelfde materiaal ook kan worden hergebruikt.

## 5.3 Constructieve toepasbaarheid

Een bekledingstype is toepasbaar in constructieve zin als een berekening met het rekenprogramma ANAMOS op basis van het Handboek [8] en met gebruikmaking van representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden dit aantoont. Na een uiteenzetting over de taludhelling die voor deze berekening moet worden gebruikt, wordt voor alle beschikbare bekledingstypen aangegeven in hoeverre ze toepasbaar zijn.

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2.

### 5.3.1 Taludhelling

Een belangrijk aspect van de berekening van de constructieve toepasbaarheid is de taludhelling. Binnen bepaalde grenzen bestaat er in het ontwerp vrijheid in het kiezen van de taludhelling; het is in principe mogelijk om de taludhelling zo flauw te kiezen dat elk bekledingstype toepasbaar is. In de praktijk moet een nieuwe bekleding worden ingepast tussen de bestaande teen en de bestaande berm en zal de bekleding vanwege minimaal grondverzet zoveel mogelijk worden aangepast aan de bestaande taludhelling. Daarnaast geldt soms de eis dat een bepaalde dikte van de kleilaag moet worden gehandhaafd, met name als het een kleilaag op zand betreft. Ook dit beïnvloedt de keuze van de taludhelling.

Voor deze beschouwing zal een indicatie van de constructieve toepasbaarheid worden bepaald voor een aantal afgeronde taludhellingen, tussen 1:3,0 en 1:4,5. Bovendien zal worden bepaald wat de steilste helling is waarbij gekantelde blokken tot aan de berm kunnen worden toegepast. Opgemerkt wordt, dat bij deze berekeningen geen rekening wordt gehouden met uitvoeringstolerantie voor de taludhelling.

Voor het dijkvak van de Ser-Arendspolder geldt specifiek, dat de taludhelling van de ondertafel plaatselijk zeer steil is. Verflauwing van deze hellingen is slechts mogelijk door aanvulling met granulair materiaal; hierdoor wordt de dikte van de granulaire onderlaag vergroot, wat de stabiliteit van de toplaag verlaagt. Bij de vaststelling van de constructieve toepasbaarheid moet hiermee rekening worden gehouden.

### 5.3.2 Betonzuilen

De insteek met betrekking tot bekledingen van betonzuilen is, dat ze sterk genoeg moeten zijn voor toepassing op het zwaarst belaste gedeelte, omdat betonzuilen op dit moment het sterkste bekledingsmateriaal vormen. Het is daarom van belang dat de toepasbaarheid van betonzuilen wordt geverifieerd door middel van een berekening van de toepasbaarheid van het zwaarste type zuil bij de zwaarste randvoorwaarden. De zwaarste betonzuilen die momenteel leverbaar zijn, hebben een soortelijke massa van  $2900 \text{ kg/m}^3$  en een dikte van 0,40 m. Overigens is de verwachting, dat medio 1998 ook zuilen met grotere afmetingen dan 0,40 m leverbaar zullen zijn.

Uit de verrichte berekeningen blijkt, dat toepassing van betonzuilen in het hele dijkvak mogelijk is. Ter indicatie: bij de zwaarste randvoorwaarden uit Tabel 3.2 is nog een taludhelling van 1:2,2 mogelijk. Hierbij is rekening gehouden met de algemeen gebruikte ontwerpwaarden voor de filterlaag; zoals besproken zouden vooral in de ondertafel bij flauwere ontwerptaluds dikkere filterlagen voor kunnen komen. Voor die gedeelten waar wordt gekozen voor toepassing van betonzuilen, zal het optimale zuiltype worden bepaald in Hoofdstuk 6.

### 5.3.3 Betonblokken

De insteek met betrekking tot gekantelde betonblokken is het maximaliseren van hergebruik (rekening houdend met andere toepassingsmogelijkheden). Het is daarom van belang om alle locaties in beeld te krijgen waar hergebruik van gekantelde blokken technisch mogelijk is.

De afmetingen van de betonblokken staan vast. Hierdoor kan worden bepaald waar gekantelde betonblokken wel en niet toepasbaar zijn, uitgaand van een bepaalde taludhelling. Uit § 5.2 blijkt, dat voor dit bestek alleen uit hoeft te worden gegaan van de vrijkomende blokken uit de bestaande bekleding, met de afmetingen  $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$ . Voor de filterlaag wordt in de berekeningen gebruik gemaakt van ontwerpwaarden (zie Hoofdstuk 6).

Voor de **ondertafel** geldt, dat de huidige taludhelling zeer steil is (tussen 1:2,5 en 1:3). De steilste taludhelling die in het algemeen in ontwerpen wordt toegepast is 1:3,5. Om tot deze taludhelling te komen, moet onderaan de ondertafel een aanvulling worden aangebracht. Deze aanvulling kan niet met klei worden uitgevoerd: de huidige grondslag ter plaatse is namelijk zeer slap en de aanvulling zal bovendien onder invloed van het getij moeten worden uitgevoerd. De aanvulling kan daarom alleen met granulair materiaal worden uitgevoerd, zodat in de praktijk een zeer dikke granulaire filterlaag ontstaat. Door het verflauwen van de helling neemt de stabiliteit toe, maar door het vergroten van de doorlatendheid van de filterlaag neemt de stabiliteit juist af. Uit nadere berekeningen volgt, dat toepassing van de gekantelde blokken in de ondertafel in de praktijk constructief onmogelijk is.

Voor de **boventafel** kan de constructieve toepasbaarheid worden bepaald door berekeningen met ANAMOS. Bij de berekeningen is alleen gebruik gemaakt van de randvoorwaarden van vak 100a (het zwaarst belaste vak, zie Tabel 3.2), vanwege het kleine verschil tussen de vakken en vanwege het indicatieve karakter van de berekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor blokken met een breedte van 0,20 m en voor toepassing met indicatieve taludhellingen tussen 1:3,0 en 1:4,5. De maximale hoogte tot waar de gekantelde betonblokken kunnen worden toegepast en de steilste helling waarbij gekantelde blokken tot aan de berm kunnen worden toegepast is weergegeven in Tabel 5.1.

taludhelling	maximaal topniveau [m+NAP]
1:3,0	2,3
1:3,5	3,3
1:4,0	6 (max. 1:3,8)
1:4,5	6

**Tabel 5.1: Constructieve toepasbaarheid gekantelde blokken**

Geconcludeerd wordt, dat toepassing van gekantelde blokken in de ondertafel niet mogelijk is. De mogelijkheid van toepassing van gekantelde blokken in de boventafel hangt sterk af van de taludhelling die wordt gekozen. De beschikbare blokken van 0,20 m kunnen op de hele boventafel worden toegepast bij een helling flauwer dan 1:3,8. Vanwege het feit dat de zwaarste golfbelasting een bepaalde afstand onder de stilwaterstand optreedt, kan worden gesteld dat toepassing van gekantelde blokken ook in de lagere delen van de boventafel niet mogelijk is bij een steilere helling dan 1:3,8. In de praktijk moet rekening worden gehouden met een uitvoeringstolerantie.

#### 5.4 Ecologische toepasbaarheid

Voor de ecologische toepasbaarheid wordt gebruik gemaakt van de informatie uit de Milieu-inventarisatie [6]. De waardering van de verschillende beschikbare bekledingstypen per bekledingszone is weergegeven in de volgende tabel.

Waardering	getijdezone	boven GHW
goed	• betonzuilen met ecotoplaag	• betonzuilen
matig	• gekantelde betonblokken • betonzuilen zonder ecotoplaag	• gekantelde betonblokken

**Tabel 5.2: Waardering toepasbare bekledingstypen**

In Tabel 3.3 zijn de minimaal vereiste bekledingstypen voor het dijkvak opgenomen. Deze tabel wordt hier ter verduidelijking herhaald.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
100	329,63-349,18	geen voorkeur	matig	matig	goed

**Tabel 3.3: Minimaal benodigd type dijkbekleding**

Voor de getijdezone geldt, dat alle beschikbare bekledingstypen voldoen voor zowel *herstel* als voor *verbetering* van natuurwaarden.

Voor de zone boven GHW geldt, dat voor *herstel* van natuurwaarden alle beschikbare bekledingstypen voldoen, maar dat voor *verbetering* slechts een bekleding van betonzuilen (met of zonder ecotop) voldoet.

## 5.5 Afweging

In Tabel 5.3 wordt samengevat welke bekledingstypen kunnen worden toegepast, uitgaand van beschikbaarheid, constructieve toepasbaarheid en ecologische toepasbaarheid.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
100	329,63-349,18	betonzuilen	betonzuilen	betonzuilen betonblokken*	betonzuilen

\*constructieve toepasbaarheid van gekantelde betonblokken afhankelijk van de taludhelling (zie Tabel 5.1);

**Tabel 5.3: Bekledingstypen voor herstel of verbetering**

In de getijdezone is de enige mogelijkheid een bekleding van betonzuilen. Toepassing van een ecotop op de betonzuilen levert geen ecologische meerwaarde op voor dit gedeelte, maar leidt wel tot hogere kosten en wordt daarom niet gekozen.

Voor de zone **boven GHW** geldt, dat voor *herstel* zowel gekantelde betonblokken als betonzuilen kunnen worden toegepast, terwijl voor *verbetering* betonzuilen (met of zonder ecotop) benodigd zijn. Voor dit gedeelte moet een afweging worden gemaakt tussen enerzijds de ecologische meerwaarde van betonzuilen en anderzijds de lagere kosten en het hergebruik bij gekantelde blokken.

De uiteindelijke keuze wordt mede bepaald door de beschikbaarheid van betonblokken en de afweging tussen verschillende locaties waar die blokken kunnen worden toegepast, uitgaand van optimaal hergebruik van de blokken. Zoals volgt uit Tabel 5.1 kunnen de beschikbare gekantelde blokken van 0,20 m wel in de hele boventafel worden toegepast, maar dan alleen in combinatie met een tamelijk flauwe taludhelling (flauwer dan 1:3,8). Verwacht wordt, dat in de werken die worden voorbereid voor uitvoering in 1999 zeer veel ruimte is voor hergebruik van betonblokken. Met name gaat het om de dijkvakken van de Molenpolder/Kievitpolder en de Noorddijkpolder. Beide vakken liggen op korte afstand van de Ser-Arendspolder. De blokken uit de huidige bekleding van de Ser-Arendspolder en de andere blokken die beschikbaar zijn, kunnen alle in de ontwerpen van die dijkvakken worden hergebruikt. Op grond van deze afweging wordt voor de boventafel gekozen voor toepassing van betonzuilen.

Toepassing van een ecotop op de betonzuilen levert geen ecologische meerwaarde op voor dit gedeelte; uit kosten oogpunt wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

## 5.6 Gekozen bekleding

De gekozen bekleding is samengevat in Tabel 5.4.

dijkvak	locatie [dp]	gekozen bekleding	
		ondertafel	boventafel
100	329,63-348,19	betonzuilen (zonder ecotop)	betonzuilen (zonder ecotop)

**Tabel 5.4: Gekozen bekleding**

## 6. DIMENSIONERING

Op basis van de gekozen bekledingstypen volgens Tabel 5.4 is het ontwerp in detail uitgewerkt. Gloomingskaarten van het resulterend ontwerp voor beide delen van het dijkvak zijn weergegeven in Figuur 4.1 en 4.2, samen met de huidige situatie. De resulterende dwarsprofielen zijn grafisch weergegeven in Figuur 5 en 6. De constructieve uitwerking wordt in dit hoofdstuk beschreven per constructieonderdeel, vanaf de kreukelberm richting het bovenbeloop.

Voor dit dijkvak geldt in het bijzonder, dat de teenconstructie enige afstand naar buiten toe moet worden verplaatst (zie § 5.3), terwijl bovendien het voorland ter plaatse van de teen uit zeer slap materiaal bestaat. Voor het aanbrengen van kreukelberm, teenconstructie en bekleding wordt daarom een cunet uitgegraven tot 0,5 à 0,7 m onder het maaiveld, dat vervolgens wordt aangevuld met breuksteen (in de kreukelberm) en steenslag (onder de bekleding). Dit wordt nader besproken in § 6.1 en § 6.3.

### 6.1 Kreukelberm

Onderaan de bekleding wordt een nieuwe kreukelberm aangebracht in het gehele dijkvak. De kreukelberm dient ter ondersteuning van de teenconstructie.

Zoals besproken wordt ten behoeve van de kreukelberm een cunet uitgegraven. De kreukelberm bestaat uit een toplaag van breuksteen (voor stabiliteit onder de golfaanval), met daaronder een geokunststof (voor het voorkomen van uitspoeling van het bodemmateriaal). Op het geokunststof wordt een rietmat aangebracht om het doek te beschermen tegen de breuksteen.

#### 6.1.1 Toplaag

De toplaag van de kreukelberm is voorlopig gedimensioneerd met het programma BREAKWAT. Opgemerkt wordt, dat een berekening met dit programma leidt tot een overschatting van de vereiste steensortering, onder meer doordat alleen berekeningen met taluds mogelijk zijn. In het kader van het Project Zeeweringen wordt gewerkt aan geschikte en toepasbare dimensioneringsregels. Eventueel zullen de nieuwe inzichten nog in dit ontwerp worden verwerkt in een later stadium.

Om de maatgevende golfparameters te bepalen, is vastgesteld wat de maximale waterstand is waarbij de golven de kreukelberm belasten. De relevante algemene invoerwaarden en hun basis zijn opgenomen in Tabel 6.1.

parameter	waarde	basis
schadegetal [-]	3	aanname (begin van beweging)
aantal golven [-]	5000	aanname (stormduur 7 uur)
soortelijke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	2650	aanname
taludhelling	1:7	toepassingsgrens
doorlatendheid P	0,1	toepassingsgrens

**Tabel 6.1: Gegevens ontwerp toplaag kreukelberm**

De invoer en uitvoer van de berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 3.1. De vereiste sortering voor het gehele dijkvak is 60-300 kg.

De laagdikte van de toplaag bedraagt  $2 \times D_n$ . Voor de benodigde sortering van 60-300 kg komt dit neer op 0,8 m. De breedte van de kreukelberm (vanaf de teen) bedraagt 5 m. De toplaag van dit materiaal kan rechtstreeks op de rietmat op het geokunststof worden aangebracht.

### 6.1.2 Geokunststof

Onder de kreukelberm wordt een geokunststof aangebracht. De dimensionering van dit geokunststof wordt mede bepaald door de wens, om voor deze toepassing hetzelfde materiaal te gebruiken als onder de onderhoudsstrook op de berm. Dit geokunststof wordt in het bestek en het vervolg van deze ontwerpdata 'type 2' genoemd.

Gekozen wordt voor een standaard-weefsel van polypropyleen met de volgende minimale eigenschappen:

eigenschap	waarde
treksterkte	$\geq 50$ kN/m (ketting en inslag)
rek bij breuk	$\leq 20$ % (ketting en inslag)
doorstromingsweerstand $\Delta h_s$	$\leq 30$ mm (bij filtersnelheid 10 mm/s)
poriegrootte $O_{90}$	$\leq 350$ $\mu$ m
levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
sterkte naainaad	$\geq 50$ % van breuksterkte geokunststof

**Tabel 6.2: Eisen geokunststof type 2**

De besproken bescherming met een rietmat is eveneens een standaardconstructie.

Het geokunststof wordt aangebracht onder de gehele bestorting en wordt aangesloten op de buitenkant van de teenconstructie.

### 6.2 **Teenconstructie**

De teenconstructie maakt in het gehele dijkvak deel uit van het ontwerp. De bestaande teenconstructie bestaat uit perkoenpalen en ligt over het algemeen diep onder het zand. Voor de gehele bekleding wordt een nieuwe teenconstructie aanbracht; de perkoenpalen van de oude teenconstructie worden doorgedrukt voor zover dat nodig is voor het aanbrengen van de nieuwe teenconstructie.

De nieuwe bekleding van betonzuilen wordt ondersteund door een teenschot, dat is opgebouwd uit 4 planken van ieder 0,20 m hoog. Het teenschot wordt ondersteund door azobepalen (lengte 1,80 m, h.o.h. 0,20 m). Om machinaal zetwerk van de betonzuilen tegen de teenconstructie aan mogelijk te maken wordt een afgeschuinde betonband (1,0 m × 0,40 m × 0,12 m) aangebracht boven het teenschot.

Het niveau van de bovenkant van de teenconstructie is NAP+0,7 op het gedeelte dp 329,63 - dp 342,0 en NAP+1,50 m op het gedeelte dp 342,0 - dp 349,18.

### 6.3 Bekleding

In Hoofdstuk 5 is vastgesteld welke bekledingstypen zullen worden aangebracht. Voor het gehele dijkvak is gekozen voor betonzuilen zonder ecotop. De nieuwe bekleding bestaat uit de toplaag van betonzuilen, met daaronder een uitvullaag van granulair materiaal en daaronder een geokunststof.

De overgang tussen glooiing en berm wordt apart besproken in § 6.4.

#### 6.3.1 Toplaag

Bij de detaillering van het ontwerp wordt de volgende werkwijze gehanteerd.

- Ten eerste wordt bepaald hoe de nieuwe bekleding kan worden ingepast in het talud, rekening houdend met eventuele vaste punten bij de teen en bij de berm en minimaal grondverzet nastrevend. Hieruit volgt een taludhelling voor het ontwerp. Om rekening te houden met onnauwkeurigheid in de uitvoering wordt in de berekeningen gewerkt met een taludhelling die 2/10 steiler is (bijv. 1:3,8 in plaats van 1:4,0).
- Verder wordt uitgegaan van de zwaarste golfrandvoorwaarden uit Tabel 3.2, ofwel die bij een waterstand van NAP+6 m. Voor de filterlaag wordt gebruik gemaakt van de ontwerpwaarden van de uitvullaag, zoals verderop in deze paragraaf wordt besproken. Voor de soortelijke massa van de betonzuilen wordt rekening gehouden met een marge van 2 à 3 % vanwege het verschil tussen de soortelijke massa van droge en van natte zuilen. Deze marge wordt niet in de invoer van de berekeningen aangebracht: na de berekening wordt gecontroleerd of voldoende marge in de soortelijke massa aanwezig is.
- Door middel van berekeningen met ANAMOS wordt daarna bepaald wat de lichtst mogelijke zuiltypen zijn. Hierbij wordt voor de dikte een interval van 5 cm en voor de soortelijke massa van 100 kg/m<sup>3</sup> aangehouden. Dit resulteert in één of meer combinaties van dikte en soortelijke massa; uit deze combinaties wordt vervolgens een keuze gemaakt op basis van kosten en uitvoeringsaspecten.
- De resulterende constructie wordt gecontroleerd op het bezwijkmechanisme afschuiving. Als de totale dikte van de toplaag te klein is, moet dit worden opgelost door het kiezen van een andere zuildikte of door het dikker maken van de kleilaag onder het geokunststof. Voor dit dijkvak is dit niet relevant omdat de kern onder de bekleding uit klei bestaat.



Voor een nadere beschrijving van de berekeningsmethode wordt verwezen naar Appendix A en naar het Handboek [8]. Opgemerkt wordt, dat de weerstand van de bekleding tegen het bezwijkmechanisme materiaaltransport verkregen wordt door het geokunststof dat onder de bekleding wordt aangebracht.

Voor het gehele dijkvak is gekozen voor een constante ontwerp-taludhelling van de teen tot aan de berm, met een waarde van 1:3,5; dit is de optimale taludhelling vanwege minimaal grondverzet. De huidige glooiing bestaat uit een zeer steile ondertafel en een zeer flauwe boventafel. Het is daardoor niet mogelijk om de vaste punten van teen en berm te handhaven: in de nieuwe constructie wordt de berm verhoogd van NAP+5,8 m naar NAP+6,1 m en wordt de teen over een kleine afstand naar buiten toe verplaatst. De inpassing van de nieuwe glooiing ten opzichte van de bestaande situatie kan worden afgelezen uit de Figuren 5 en 6.

Zoals aangegeven in § 5.3.1 kan de benodigde aanvulling onderin de ondertafel alleen worden uitgevoerd met granulair materiaal: een aanvulling met klei is niet mogelijk vanwege de getijde-invloed, een aanvulling met mijnsteen is niet mogelijk vanwege milieu-eisen. De benodigde aanvulling met granulair materiaal leidt tot een grotere doorlatendheid van de onderlaag, en daarmee tot een verlaging van de stabiliteit. Hiermee moet in het ontwerp rekening worden gehouden.

Uit ANAMOS volgt, dat bij de zwaarste randvoorwaarden voor het hele dijkvak, dus in het bovenste deel van de glooiing, twee combinaties van zuildikte en soortelijke massa mogelijk zijn:

- 0,35 m / 2700 kg/m<sup>3</sup>;
- 0,40 m / 2500 kg/m<sup>3</sup>.

Dit zijn de lichtste zuiltypen waarbij de marge in de soortelijke massa groter is dan 3 %. Gekozen is voor toepassing van zuilen van 0,35 m / 2700 kg/m<sup>3</sup>. Deze keuze is gebaseerd op de volgende overweging: tijdens het ontwerpproces bestond onzekerheid over de gewenstheid van ecotops op dit dijkvak. Het is niet mogelijk om ecotops toe te passen op zuilen van 0,40 m dik. Om toepassing van ecotops, indien gewenst, mogelijk te maken is gekozen voor zuilen van 0,35 m, met de bijbehorende soortelijke massa van 2700 kg/m<sup>3</sup>. Zoals besproken in Hoofdstuk 5 is uiteindelijk vastgesteld dat toepassing van ecotops op dit dijkvak geen ecologische meerwaarde oplevert.

Voor het onderste deel van de glooiing, beneden het niveau NAP+2,5 m, gelden enerzijds minder zware randvoorwaarden, maar moet anderzijds rekening worden gehouden met een dikkere filterlaag. De precieze dikte van deze filterlaag is nog niet bekend, omdat niet precies bekend is tot welk niveau het voorland moet worden uitgegraven. Het is daarom van belang om een zuiltype met een extra veiligheidsmarge te kiezen. Voor de uitvoering is het gunstig om met één zuiltype voor de gehele glooiing te werken; op grond daarvan is ook voor de ondertafel gekozen voor toepassing van zuilen van 0,35 m / 2700 kg/m<sup>3</sup>. Vervolgens is vastgesteld hoe groot de marge is met betrekking tot de dikte van de granulaire filterlaag onder de toplaag: uit berekeningen met ANAMOS blijkt, dat een laagdikte van 1,5 m constructief toelaatbaar is. De maximale dikte in Figuur 5 en 6 bedraagt 1,0 m; er is dus een marge van 0,5 m. Opgemerkt wordt, dat in deze berekening geen rekening is gehouden met de besproken marge van 3 % in de soortelijke massa: vanwege de lage ligging van de bekleding zullen de zuilen in maatgevende omstandigheden zeker nat zijn.

De berekeningsgegevens zijn opgenomen in Bijlage 3.2.

De toplaag van betonzuilen zal worden ingewassen met ongeveer 50 kg/m<sup>2</sup> gebroken materiaal. De sortering van dit inwasmateriaal is afhankelijk van het type zuil (met betrekking tot de vorm) dat zal worden toegepast.

### 6.3.2 Uitvullaag

De granulaire uitvullaag onder de toplaag is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Uit het oogpunt van stabiliteit en uitvoering moet het materiaal zo fijn mogelijk zijn, maar het mag niet zo fijn zijn dat het tussen de elementen van de toplaag door uit kan spoelen. De fijnste sortering die uit dat oogpunt mogelijk is, is 14/32 mm. Deze waarde wordt voorgeschreven in het bestek. In de ontwerpberekeningen wordt uitgegaan van een waarde voor de D<sub>15</sub> van 20 mm; hierdoor wordt een conservatieve benadering bereikt: de werkelijke waarde van de D<sub>15</sub> van de gekozen sortering van 14/32 mm is ongeveer 17 mm.

Voor het bovenste deel van de glooiing geldt, dat een zo klein mogelijke laagdikte kan worden aangebracht. De minimale laagdikte waarin steenslag van deze sortering in uitvoeringstechnisch opzicht kan worden aangebracht, is 0,1 m. Deze waarde voor de laagdikte wordt voorgeschreven in het bestek; in de ontwerpberekeningen wordt echter rekening gehouden met een uitvoeringsmarge van 5 cm: er wordt gerekend met een laagdikte van 0,15 m.

Voor het onderste deel van de glooiing geldt, dat de laagdikte wordt bepaald door de benodigde mate van ontgraving onder het gekozen talud. Zoals besproken in § 6.3.1 is deze ingeschat op maximaal ongeveer 1 m, terwijl uit het oogpunt van de stabiliteit een laagdikte tot 1,5 m toelaatbaar is.

### 6.3.3 Geokunststof

Het geokunststof onderin de bekleding wordt in het bestek en in het vervolg van deze ontwerpnota 'type 1' genoemd.

De belangrijkste eis aan het geokunststof op deze locatie is het voorkomen van uitspoeling van het basismateriaal door de toplaag heen. Maatgevend voor dit verschijnsel is de poriegrootte O<sub>90</sub>. Conform de dijkvakken van 1997 wordt gekozen voor een vlies met een gegarandeerde maximum maaswijdte (O<sub>90</sub>) van 100 µm, op grond van de overweging dat de zanddoorlatendheid van nog fijnere materialen niet goed te testen is en omdat fijnere materialen niet standaard leverbaar zijn. Bovendien is met proeven aangetoond dat de werkelijke doorlatendheid van het gekozen materiaal kleiner dan 64 µm is. Ten opzichte van de werken van 1997 wordt wel gekozen voor een vlies met een grotere massa, dikte en sterkte.

Het geokunststof type 1 moet verder voldoen aan de volgende eisen:

eigenschap	waarde
massa	$\geq 350 \text{ g/m}^2$
dikte	$\geq 3 \text{ mm}$
treksterkte	$\geq 20 \text{ kN/m}$
rek bij breuk	$\leq 60 \%$
doordrukkracht	$\geq 3000 \text{ N}$
poriegrootte $O_{90}$	$\leq 100 \mu\text{m}$
permittiviteit	$\leq 70 \text{ l/m}^2/\text{s}$

**Tabel 6.3: Eisen geokunststof type 1**

Aan de onderzijde wordt het geokunststof aangesloten op de teenconstructie, aan de bovenzijde wordt het geokunststof doorgetrokken tot onder de weg, waardoor een overlap van minimaal 1 m ontstaat met het geokunststof onder de werk- en onderhoudsstrook.

#### 6.3.4 Basismateriaal

Met betrekking tot de dikte van de kleilaag onder de bekleding wordt binnen het Project Zeeweringen de volgende lijn aangehouden: de totale dikte van toplaag, uitvullaag, geokunststof en kleilaag moet in het ontwerp minimaal 1,20 m zijn. Onder de gehele bekleding bestaat de kern van de dijk uit klei, zodat in alle gevallen aan deze eis wordt voldaan. Er zijn dan ook geen maatregelen nodig.

#### 6.4 **Overgang boventafel-berm**

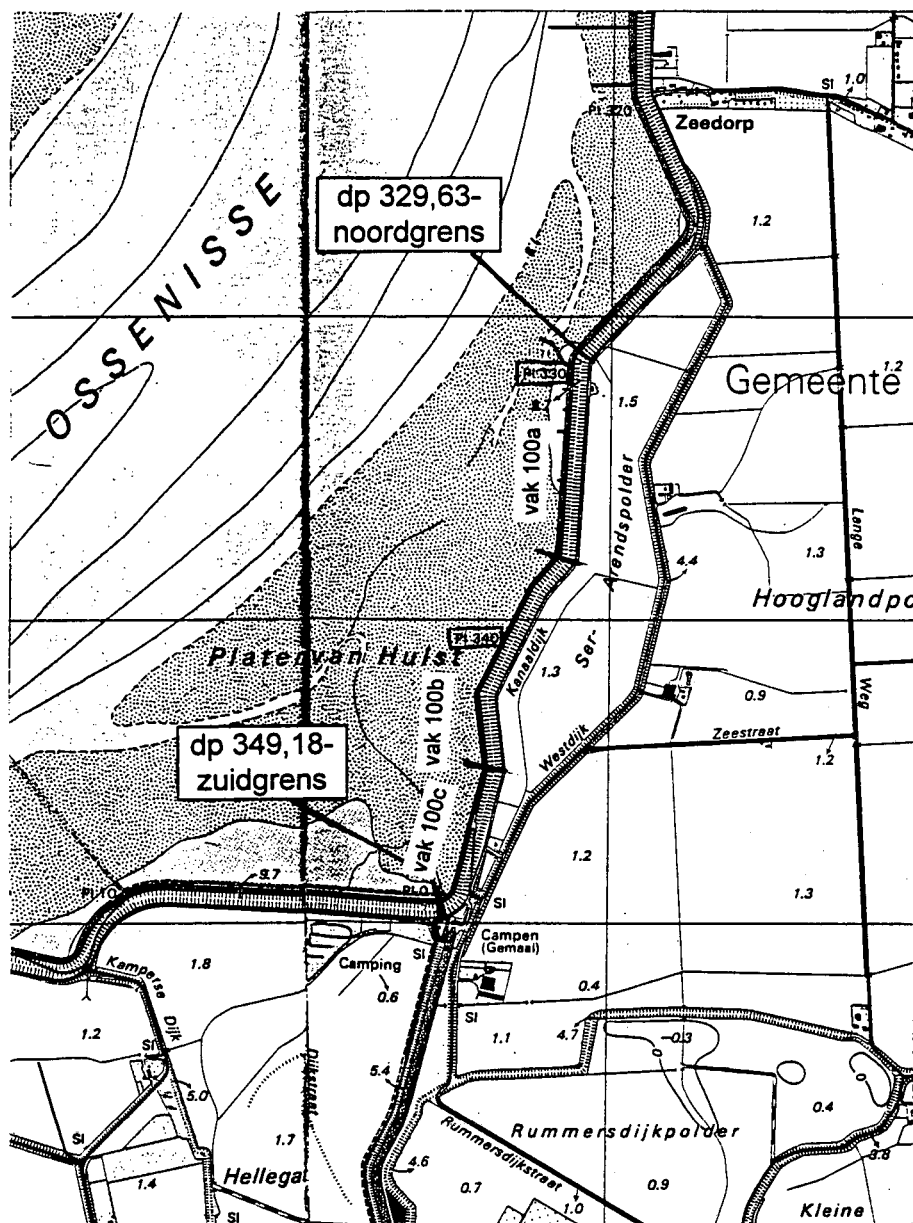
De overgang van het relatief steile talud van de glooiing naar het relatief flauwe talud van de berm wordt uitgevoerd door de bekleding van betonzuilen ter plaatse aan te brengen met een ronding, waarvan de bochtstraal (R) 10 m bedraagt. Boven de afronding wordt de bekleding nog 1 m op de berm doorgetrokken. Daarbij wordt voor het gehele dijkvak gebruik gemaakt van hetzelfde zuiltype dat is gekozen voor de glooiing, namelijk  $0,35 \text{ m} / 2700 \text{ kg/m}^3$ . Dit zuiltype voldoet zeker, omdat de omstandigheden in ieder geval niet ongunstiger zijn dan op de glooiing, waarvoor de stabiliteitsberekeningen in Bijlage 3.1 zijn uitgevoerd. Ook met betrekking tot uitvullaag en geokunststof wordt aangesloten bij de constructie volgens § 6.3.

6.5 **Berm**

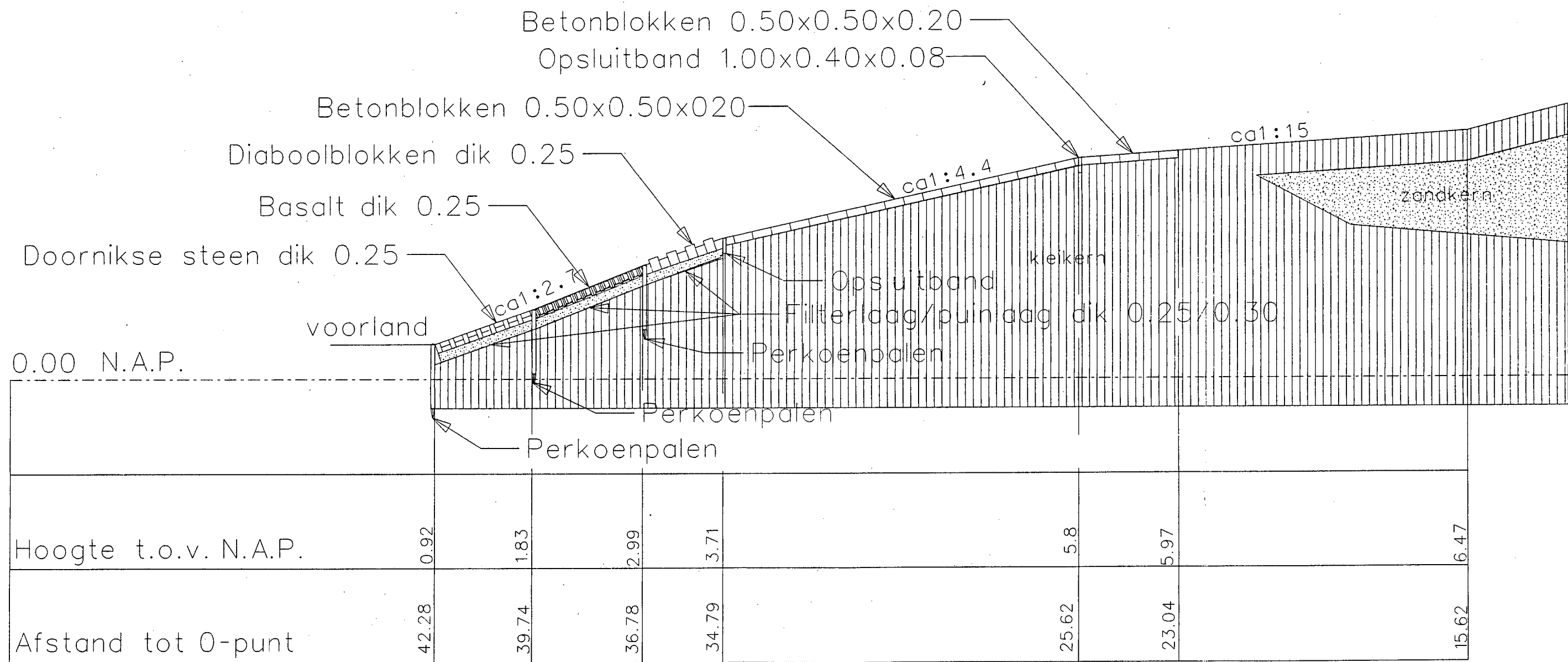
Aansluitend op de beschreven bekleding van betonzuilen wordt over de gehele lengte van het dijkvak op de berm een onderhoudstrook aangebracht. Voor het ontwerp daarvan is het verkeer in de uitvoeringsfase maatgevend. De breedte van de strook is 3,0 m, de strook is opgebouwd uit een 0,4 m dikke laag fosforslakken met sortering 0/40 mm op een geokunststof type 2 (zie Tabel 6.2). De strook wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar zo aangepast dat deze dienst kan doen als onderhoudstrook. Daartoe wordt de strook afgewerkt met 60 mm dik grindasfaltbeton.

## FIGUREN

- Figuur 1: Locatie projectgebied
- Figuur 2: Algemeen dwarsprofiel
- Figuur 3a: Gloomingskaart huidige situatie
- Figuur 3b: Eindbeoordeling toetsing
- Figuur 4: Gloomingskaart ontwerp
- Figuur 5: Dwarsprofiel 1: dp 329,63 - dp 342
- Figuur 6: Dwarsprofiel 2: dp 342 - dp 349,18

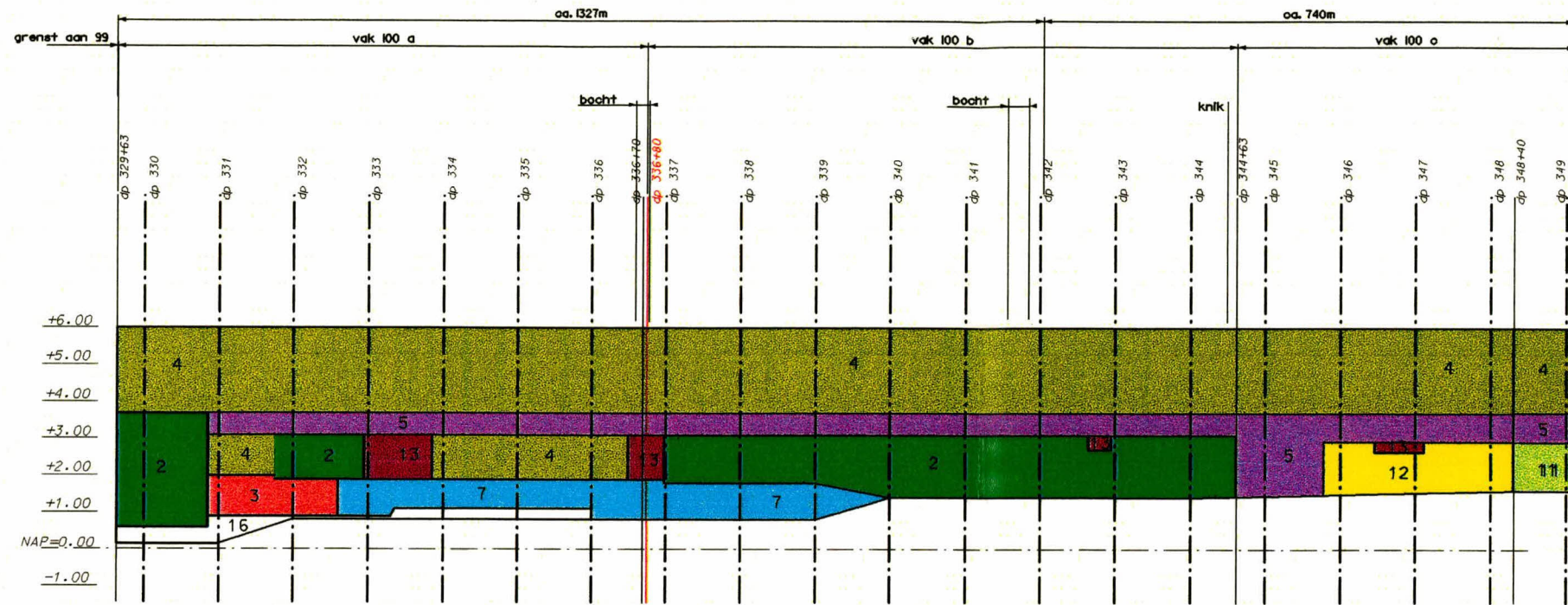


Figuur 1: Locatie projectgebied



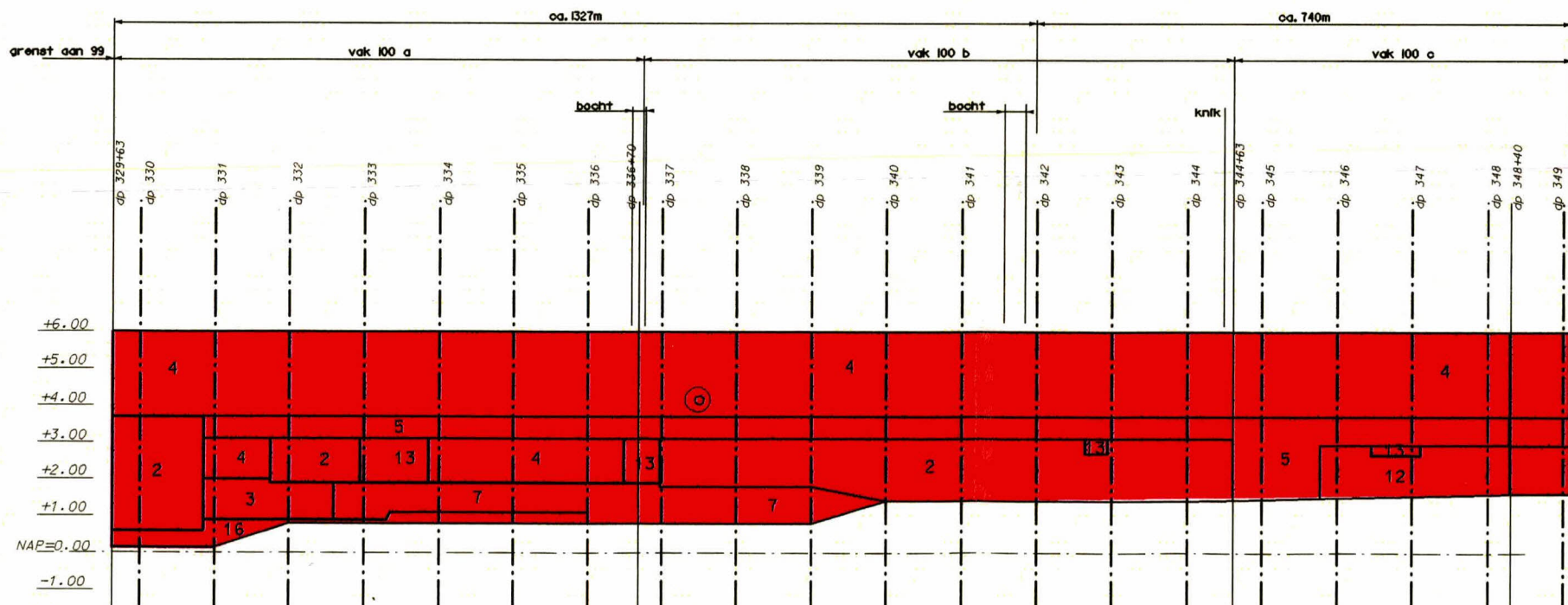
Figuur 2 Algemeen Dwarsprofiel

# Ser - Arendspolder



Glooiingskaart  
Figuur 3A  
huidige situatie

- huidige situatie**  
legenda
- 1 asfalt
  - 2 basalt
  - 3 betonzulen
  - 4 betonblokken
  - 5 diaboolblokken
  - 6 doorgroei stenen
  - 7 doornikse steen
  - 8 pools graniet
  - 9 haringmanblokken
  - 10 hydroblokken
  - 11 koperblokken
  - 12 lessinische steen
  - 13 petit granit
  - 14 vilvoordse steen
  - 15 granietblokken
  - 16 onbekend

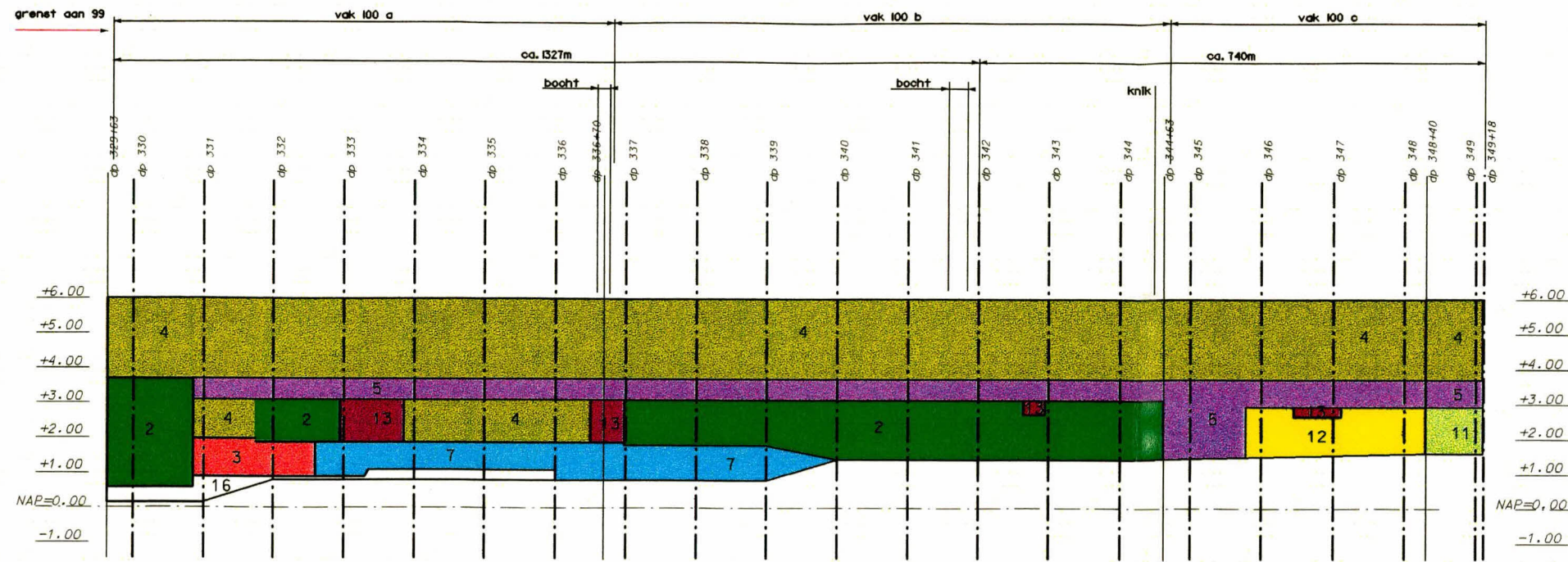


Figuur 3B  
Eindbeoordeling  
toetsing

- eindbeoordeling toetsing**  
legenda
- g goed
  - v voldoende
  - no nader onderzoek
  - o onvoldoende



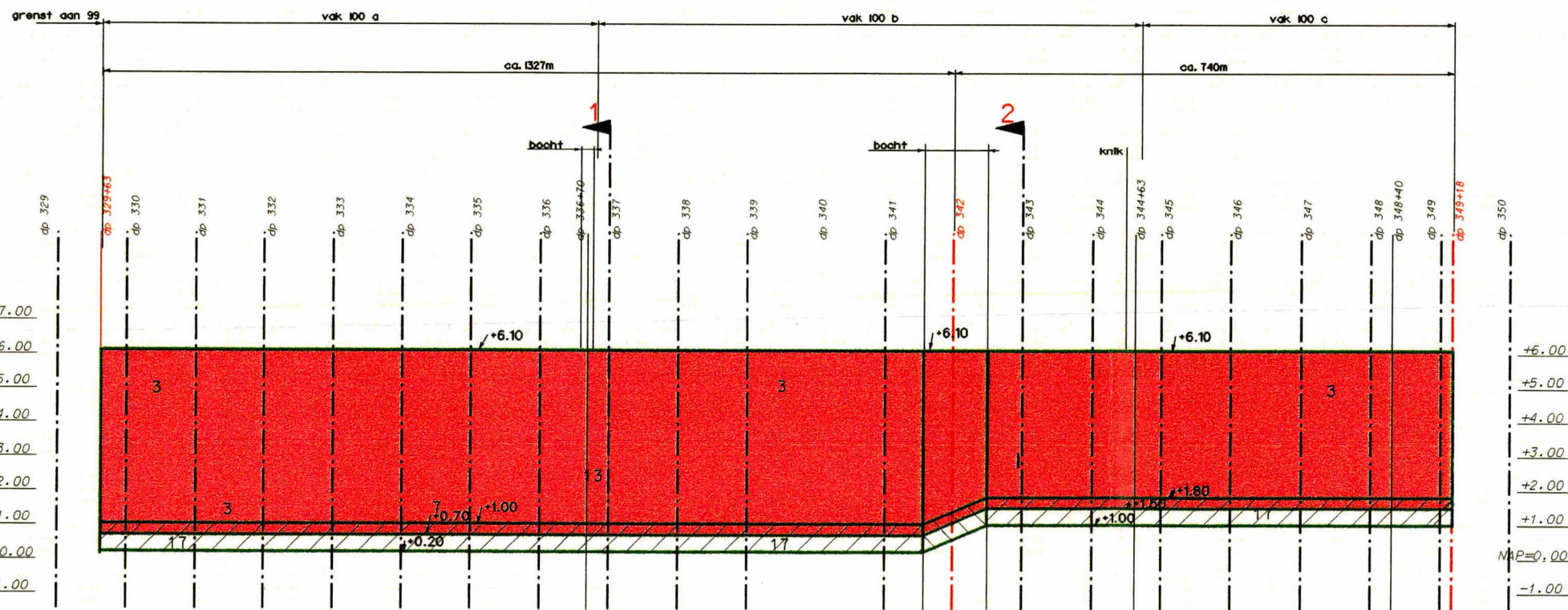
# Ser - Arendspolder



Huidige situatie

legenda

- 1 asfalt
- 2 basalt
- 3 betonzoulen
- 4 betonblokken
- 5 diablooblokken
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koperslakblokken
- 12 lessinische steen
- 13 petit granit
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 onbekend

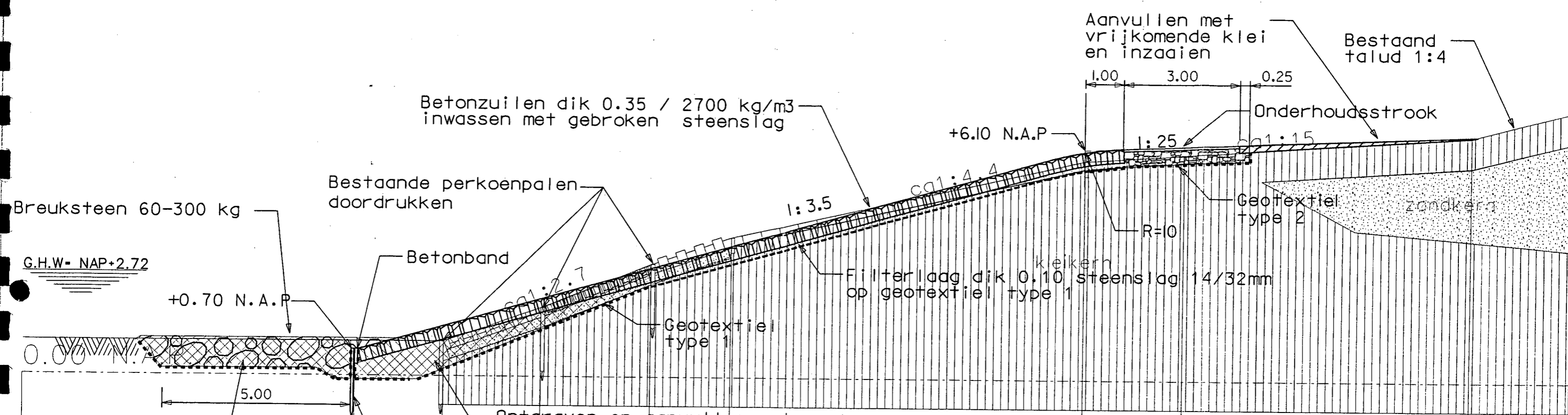


Figuur 4  
Glooiingskaart  
ontwerp

legenda

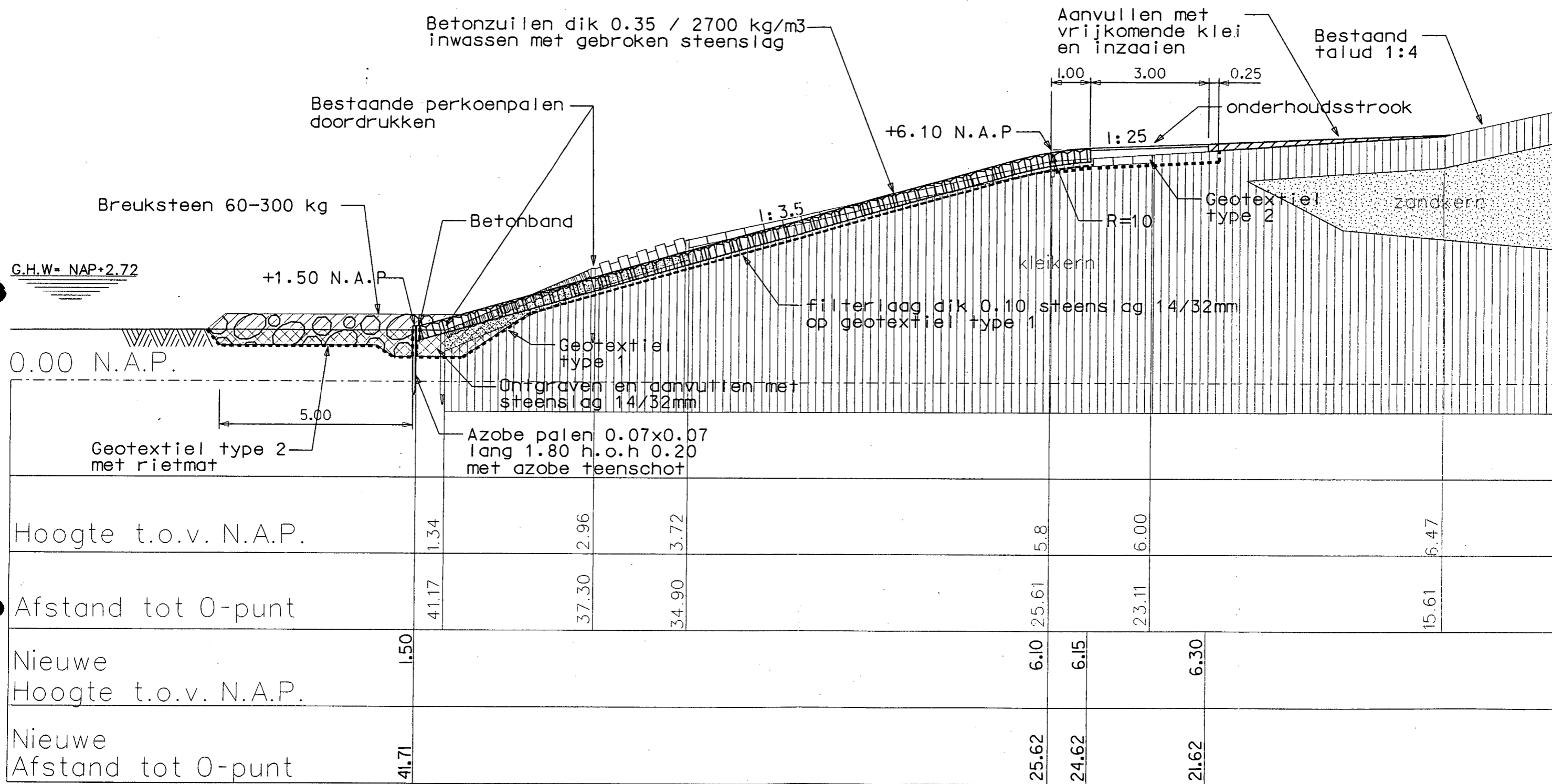
- 1 asfalt
- 2 basalt
- 3 betonzoulen
- 4 betonblokken
- 5 diablooblokken
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koperslakblokken
- 12 lessinische steen
- 13 petit granit
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 onbekend
- 17 bestorting
- 17 bestorting
- 18 blokken op z'n kant
- 19 betonzoulen ECO

bovenberm			
boven	zuil 0.35 / 2700	zuil 0.35 / 2700	zuil 0.35 / 2700
onder	zuil 0.35 / 2700	zuil 0.35 / 2700	zuil 0.35 / 2700
overgangskonst.			
teen	teen	teen	teen
kreukelberm	breuksteen 60-300 kg geotex. type 2 met rietmat	60-300kg type 2+RM	breuksteen 60-300 kg geotex. type 2 met rietmat



Geotextiel type 2 met rietmat										
Hoogte t.o.v. N.A.P.		0.92	1.83	2.99	3.71		5.8		5.97	6.47
Afstand tot 0-punt		42.28	39.74	36.78	34.79		25.62		23.04	15.62
Nieuwe Hoogte t.o.v. N.A.P.	0.70						6.10	6.15		6.30
Nieuwe Afstand tot 0-punt	44.52						25.62	24.62		21.62

Figuur 5: DWARSPROFIEL 1 : dp329+63 - dp342



Figuur 6: DWARSRSPROFIEL 2 : dp342 - dp349+18

## LITERATUUR

- [1] Algemene nota dijkvakken 1998 (concept), Projectbureau Zeeweringen, Goes, september 1997
- [2] Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland, Grondmechanica Delft, kenmerk 362070/46, Delft, januari 1997
- [3] Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen, Rijkswaterstaat, Delft, september 1996
- [4] De basispeilen langs de Nederlandse kust, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapportnummer RIKZ-95.008, mei 1995
- [5] Golftrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapportnummer RIKZ-97.046, Middelburg, november 1997
- [6] Milieu-inventarisatie zeeweringen Westerschelde, Bouwdienst Rijkswaterstaat, documentnummer ZEEW-R-97013, Utrecht, augustus 1997
- [7] Leidraad Toetsen op Veiligheid, Groene versie, TAW, Delft, augustus 1996
- [8] Rapport 155, Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen, CUR Gouda, maart 1992
- [9] Taludbekledingen van gezette steen, Vernieuwd Black-Box model, Waterloopkundig Laboratorium, kenmerk H1770, Delft, april 1994

**BIJLAGEN**

- Bijlage 1: Berekeningsresultaten toetsing
- Bijlage 2: Berekeningsresultaten keuze bekleding
- Bijlage 3: Berekeningsresultaten dimensionering

**BIJLAGE 1: BEREKENINGSRESULTATEN TOETSING**

- vak 100a
- vak 100b
- vak 100c









**BIJLAGE 2: BEREKENINGSRESULTATEN KEUZE BEKLEDING**

- Bijlage 2.1: Toepasbaarheid betonzuilen
- Bijlage 2.2: Toepasbaarheid gekantelde betonblokken

**Bijlage 2.1: Keuze bekleding: toepasbaarheid betonzuilen**

De constructieve toepasbaarheid van betonzuilen wordt beschreven in § 5.3.2.

De steilste mogelijke taludhelling bij toepassing van de zwaarst mogelijke betonzuilen onder de zwaarste randvoorwaarden (vak 100a en 100b) is bepaald. De volgende ANAMOS-berekening is de berekening met de steilste mogelijke helling.

**INVOERGEGEVENS**

<b>PARAMETER / BEREKENING</b>	vak 100a/100b dp 329,63-344,6
<b>Golven</b>	
H <sub>s</sub> [m]	2,2
T <sub>p</sub> [s]	6,8
h1 [m+NAP]	6,0
<b>Talud</b>	
cot(α) [-]	2,2
ft [-]	0,5
h2 [m]	0,0
h3 [m]	6,0
<b>Constructietype</b>	
niet ingewassen zuilen	
filter	
geotextiel	
basis	
<b>Zuilen</b>	
Az [m <sup>2</sup> ]	0,09
Azo [%]	10
Dz [m]	0,40
sm [kg/m <sup>3</sup> ]	2900
fwz [-]	0,5
<b>Filter</b>	
b [m]	0,15
D <sub>15</sub> [mm]	20
n [-]	0,35

**EINDRESULTATEN**

<b>Stabiliteit toplaag</b>	
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel

Opgemerkt wordt, dat de dimensionering van de betonzuilen in de praktijk wordt bepaald door het toepassingscriterium van ANAMOS ( $H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$ ): de steilste mogelijke taludhelling is op basis van dat criterium bepaald en vervolgens gecontroleerd met ANAMOS.

## **Bijlage 2.2: Keuze bekleding: toepasbaarheid gekantelde betonblokken**

De constructieve toepasbaarheid van gekantelde betonblokken wordt beschreven in § 5.3.3. De beschikbare blokken hebben een breedte (in gekantelde vorm) van 0,20 m.

De niveaus tot waar de gekantelde blokken kunnen worden toegepast zijn bepaald voor vier indicatieve taludhellingen. Het resultaat van deze ANAMOS-berekeningen is de waterstand  $h_1$ ; het maximale topniveau volgt uit een berekening van de verticale afstand  $y_s$  tussen waterstand ( $h_1$ ) en zwaarst belaste locatie. Deze verticale afstand  $y_s$  en het maximale topniveau zijn apart weergegeven onderin de tabel. Het resulterende topniveau wordt naar beneden afgerond op hele decimeters ten opzichte van NAP.

## Bijlage 2.2: Gekantelde betonblokken

## INVOERGEGEVENS

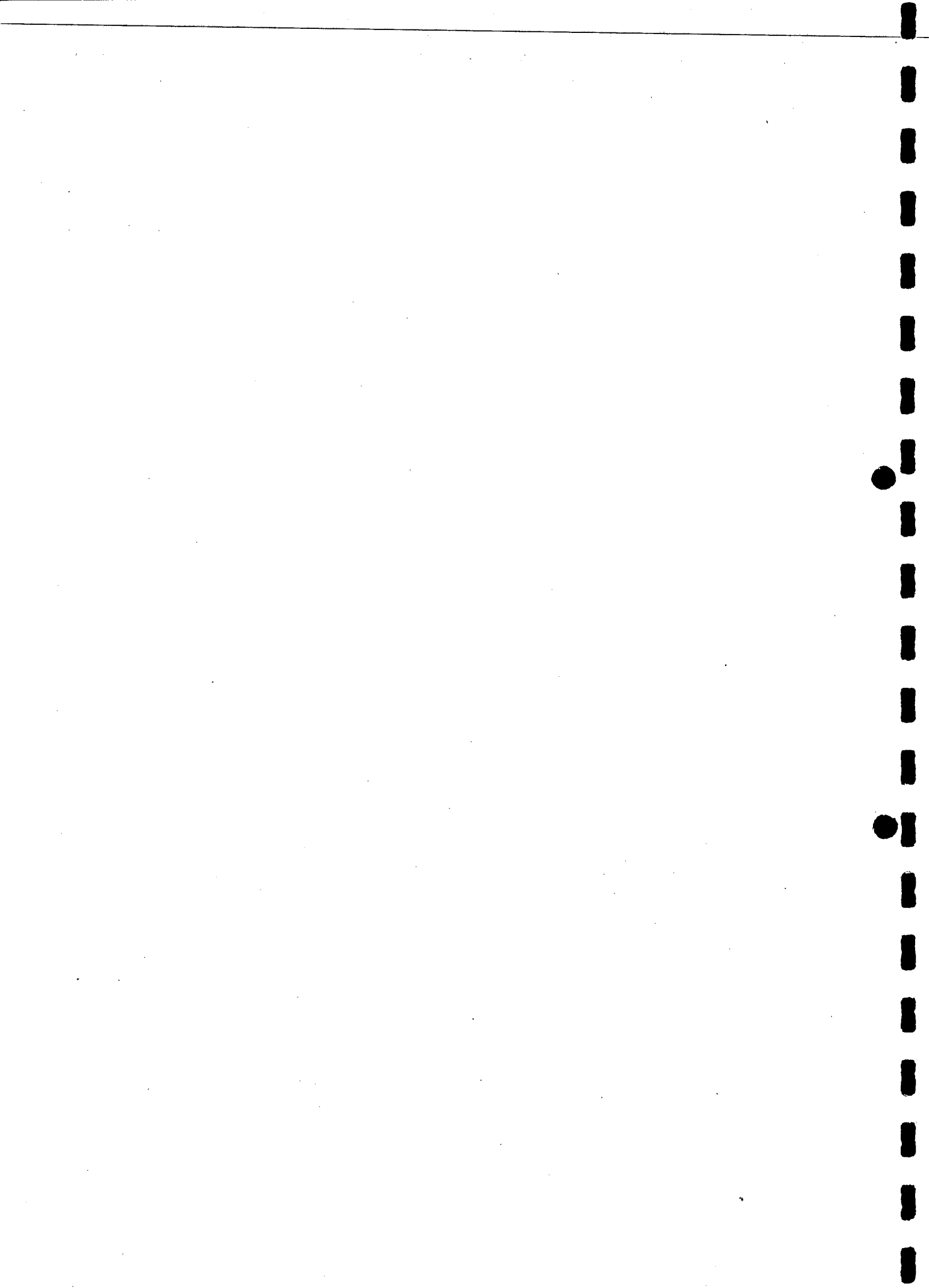
PARAMETER/ BEREKENING	1:3,0	1:3,5	1:4,0	1:4,5
<b>Golven</b>				
$H_s$ [m]	1,8	2,0	2,2	2,2
$T_p$ [s]	6,2	6,5	6,8	6,8
$h_1$ [m+NAP]	4,0	5,0	6,0	6,0
<b>Talud</b>				
$\cot(\alpha)$ [-]	1:3,0	1:3,5	1:4,0	1:4,5
$f_t$ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
$h_2$ [m+NAP]	0,0	0,0	0,0	0,0
$h_3$ [m+NAP]	6,0	6,0	6,0	6,0
<b>Constructietype</b>				
niet ingewassen dichte blokken				
filter				
geotextiel				
basis				
<b>Blokken</b>				
$B$ [m]	0,20	0,20	0,20	0,20
$L$ [m]	0,50	0,50	0,50	0,50
$D$ [m]	0,50	0,50	0,50	0,50
$s$ [mm]	1	1	1	1
$sm$ [kg/m <sup>3</sup> ]	2300	2300	2300	2300
$fwz$ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Filter</b>				
$b$ [m]	0,15	0,15	0,15	0,15
$D_{15}$ [mm]	5	5	5	5
$n$ [-]	0,35	0,35	0,35	0,35

## EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag				
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
<b>Maximaal topniveau</b>				
$y_s$ [m]	1,62	1,64	n.v.t.	n.v.t.
topniveau [m+NAP]	2,3	3,3	6,0	6,0

**BIJLAGE 3: BEREKENINGSRESULTATEN DIMENSIONERING**

- Bijlage 3.1: Dimensionering kreukelberm
- Bijlage 3.2: Dimensionering toplaag bekleding



**Bijlage 3.1: Dimensionering toplaag kreukelberm**

Bij de vaststelling van de waterstand waarbij de maatgevende golfrandvoorwaarden voor de kreukelberm optreden, is gebruik gemaakt van dezelfde methode als voor het ontwerp van de steenzettingen. Hierbij wordt een verticale afstand  $y_s$  bepaald, die voor een bepaalde taludhelling en golfsteilheid aangeeft op welke diepte onder de stilwaterlijn de maximale golfbelasting optreedt. Uitgaand van een gegeven topniveau en van de golfrandvoorwaarden volgens Tabel 3.2 kan op deze manier bepaald worden wat de maatgevende golfrandvoorwaarden zijn.

Uitgaand van deze golfrandvoorwaarden is met BREAKWAT berekend wat de vereiste steenmassa  $M_{50}$  is. Voor de bepaling van de golfrandvoorwaarden is daarbij uitgegaan van de ontwerphelling van de ondertafel, voor de berekening met BREAKWAT is uitgegaan van een conservatieve inschatting van de taludhelling van de bestorting, namelijk 1:7.

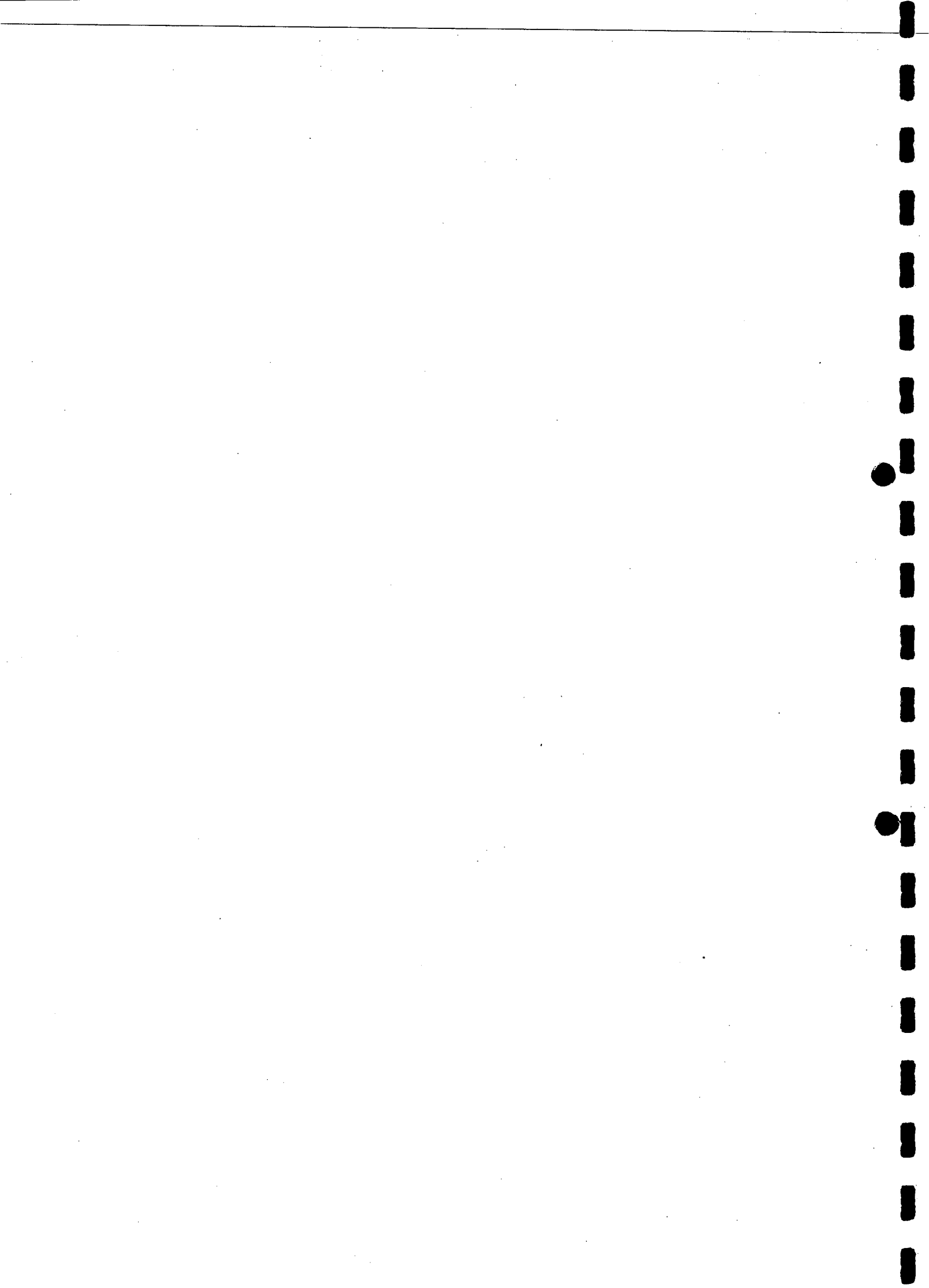
**INVOERGEGEVENS**

PARAMETER / BEREKENING	329,6-349,2
<b>BEPALING WATERSTAND</b>	
Invoer	
topniveau [m+NAP]	+1,8
cot( $\alpha$ ) [-]	3,5
golfrandvoorwaarden	Tabel 3.2
Uitvoer	
$W_s$ [m+NAP]	4,0
<b>BEPALING STEENAFMETINGEN</b>	
Invoer	
$H_s$ [m]	1,80
S [-]	3
$T_m$ [s]	4,65
N [-]	5000
$\rho$ -steen [kg/m <sup>3</sup> ]	2650
$\rho$ -water [kg/m <sup>3</sup> ]	1025
cot( $\alpha$ ) [-]	7,0
P [-]	0,1
$H_{2\%}/H_s$ [-]	1,4
Uitvoer	
$M_{50}$ [kg]	183

Met betrekking tot de golfperiode voor de bepaling van de steenafmetingen wordt opgemerkt, dat in BREAKWAT de periode  $T_m$  wordt gebruikt, terwijl in Tabel 3.2 de piekperiode  $T_p$  is opgenomen. De relatie tussen deze twee periodes is als volgt:  
 $T_m = 0,75 \times T_p$

Aan de hand van de resulterende minimale massa wordt vervolgens bepaald welke standaardsoortering moet worden toegepast. Voor het hele dijkvak wordt gekozen voor een sortering 60-300 kg.





**Bijlage 3.2: Dimensionering toplaag bekleding**

Voor het gehele dijkvak is met ANAMOS bepaald wat de lichtst mogelijke zuiltypen zijn voor toepassing in de boventafel. De invoergegevens voor de drie mogelijke combinaties van dikte en soortelijke massa zijn weergegeven in onderstaande tabel.

**INVOERGEGEVENS**

PARAMETER / BEREKENING	d=0,30 m	d=0,35 m	d=0,40 m
<b>Golven</b>			
$H_s$ [m]	2,2	2,2	2,2
$T_p$ [s]	6,8	6,8	6,8
$h_1$ [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
<b>Talud</b>			
$\cot(\alpha)$ [-]	3,3	3,3	3,3
$f_t$ [-]	0,5	0,5	0,5
$h_2$ [m+NAP]	0,0	0,0	0,0
$h_3$ [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
<b>Constructietype</b>			
niet ingewassen zuilen			
filter			
geotextiel			
basis			
<b>Zuilen</b>			
$A_z$ [m <sup>2</sup> ]	0,09	0,09	0,09
$A_{zo}$ [%]	10	10	10
$D_z$ [m]	0,30	0,35	0,40
$s_m$ [kg/m <sup>3</sup> ]	3000	2700	2500
$f_{wz}$ [-]	0,5	0,5	0,5
<b>Filter</b>			
$b$ [m]	0,15	0,15	0,15
$D_{15}$ [mm]	20	20	20
$n$ [-]	0,35	0,35	0,35

**EINDRESULTATEN**

Stabiliteit toplaag			
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel

Een soortelijke massa van 3000 kg/m<sup>3</sup> kan nog niet worden gefabriceerd, zodat alleen de andere twee zuiltypen mogelijk zijn. Opgemerkt wordt, dat de dimensionering van de betonzuilen in de praktijk wordt bepaald door het toepassingscriterium van ANAMOS ( $H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$ ): de lichtst mogelijke zuiltypen zijn op basis van dat criterium bepaald en vervolgens gecontroleerd met ANAMOS.

## APPENDIX A: METHODIEK TOETSING EN ONTWERP

De methodiek die binnen het Project Zeeweringen wordt gevolgd voor de toetsing van de bestaande bekleding en voor het ontwerp van de nieuwe bekleding, wordt beschreven in het interne document 'Kookboek voor de toetsing van de huidige en het ontwerp van de toekomstige dijkbekleding op veiligheid - Werkwijze op basis van Leidraad Toetsing op Veiligheid'. Het Kookboek is gebaseerd op de Leidraad [7] en op het Handboek [8]. In deze Appendix wordt een korte samenvatting gegeven van de methodiek.

### **Toetsing**

In de Leidraad wordt het toetsingsproces schematisch weergegeven in Figuur 2.2.1.1. Die figuur is in deze Appendix opgenomen.

De toplaag van de bekleding wordt getoetst op vier aspecten:

- beheerdersoordeel;
- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteitsverlies.

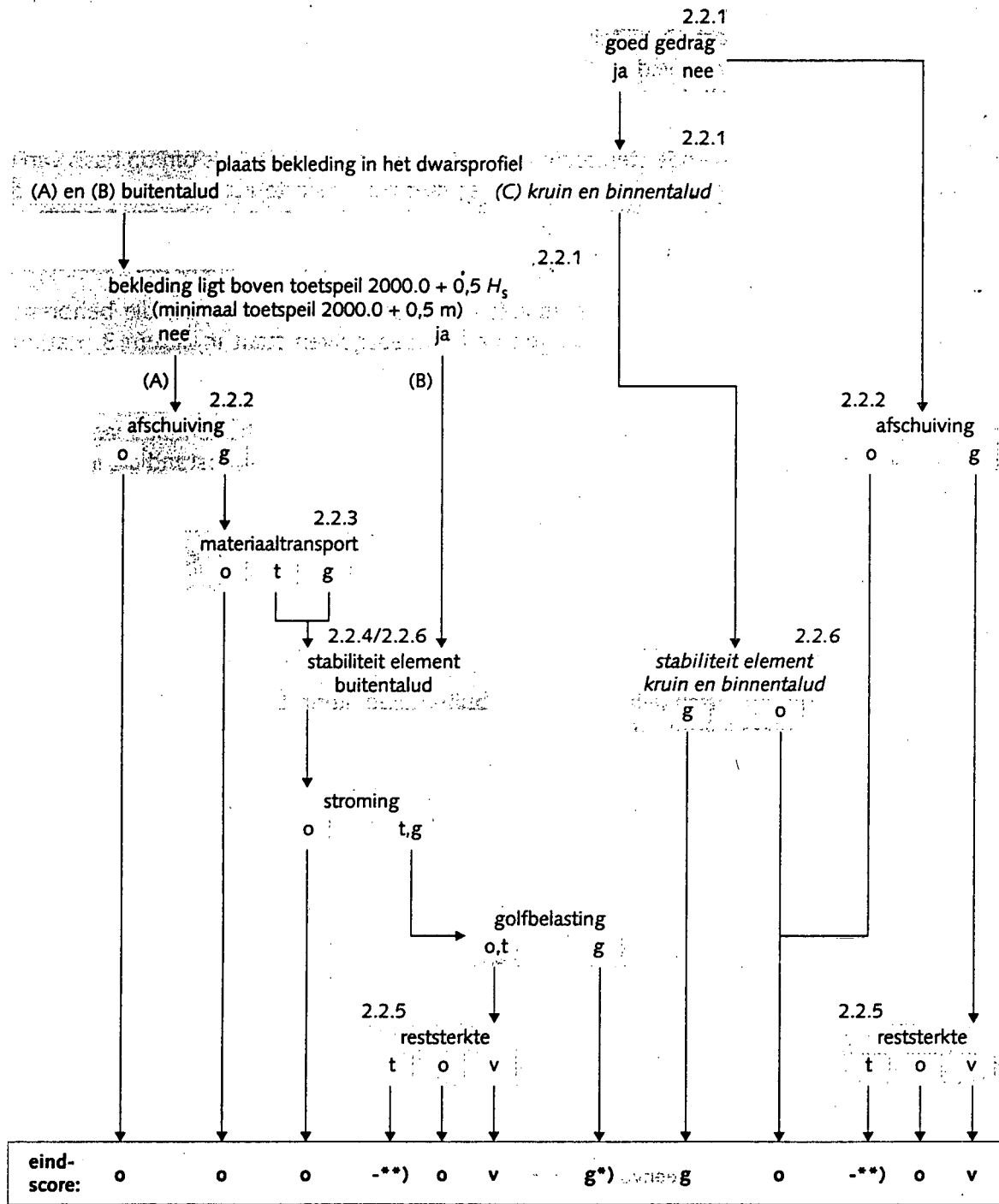
In het kort wordt voor deze vier aspecten aangegeven hoe de toetsing wordt uitgevoerd. Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar de paragraafnummers uit de Leidraad zoals ze in Figuur 2.2.1.1 zijn opgenomen.

De beschrijving van het **beheerdersoordeel** is in de praktijk alleen relevant voor zover de toetsing van de andere aspecten niet leidt tot een eenduidig toetsingsresultaat. Ongeacht het beheerdersoordeel wordt de bekleding overigens in principe altijd getoetst op de andere aspecten: bij een negatief oordeel is het immers ook van belang de oorzaak te kennen.

Voor de toetsing op **afschuiving** zijn de golfhoogte, de taludhelling en de totale dikte van de bekleding van belang. Afhankelijk van de taludhelling moet de bekleding dikker zijn dan een bepaalde grens. Dit wordt voor elke bekleding gecontroleerd.

De toetsing op **materiaaltransport** wordt voornamelijk uitgevoerd op basis van visuele inspectie van de bekleding en in nauw overleg met de beheerder. Van belang is voornamelijk of holtes of verzakkingen aanwezig zijn.

De **stabiliteit van de toplaag onder stromingsaanval** wordt niet voor elk dijkvak apart getoetst. In aanvullend onderzoek in het kader van Project Zeeweringen is vastgesteld dat de kritieke waarde voor de stroomsnelheid bij de lichtste bestaande bekleding 3,8 m/s bedraagt. Omdat deze snelheid nergens in het projectgebied wordt bereikt, zal het toetsingsresultaat voor dit aspect altijd 'goed' zijn.



De beoordeling kan stoppen zodra een eindscore is bereikt

\*) score is "v" als materiaaltransport en/of stroming een "t" scoort

\*\*) nader onderzoek zie paragraaf 2.2.7

Figuur 2.2.1.1 Schema beoordeling steenzettingen

Bij toetsing van de **stabiliteit van de toplaag onder golfaanval** volgens de Leidraad bestaan verschillende niveaus van detail. Als de ervaringsgegevens niet eenduidig wijzen op 'onvoldoende' stabiliteit, wordt de bekleding met de *eenvoudige methode* getoetst. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het 'black-box'-model, gebaseerd op metingen uit modelproeven [9]. Als deze eenvoudige toetsing tot een beoordeling 'goed' of 'onvoldoende' leidt, is dat tevens het eindresultaat. Als de bekleding volgens de eenvoudige toetsing 'twijfelachtig' is, moet indien mogelijk worden getoetst met de *gedetailleerde methode*, waarbij gebruik wordt gemaakt van het rekenprogramma ANAMOS. Dit programma geeft een meer fysische weergave van de werkelijkheid weer, waarbij onder meer de doorlatendheid van toplaag en filterlaag een rol spelen. Als deze toetsing nog niet tot een eindresultaat leidt, volgt *geavanceerde toetsing*. Daarbij wordt een eindoordeel uitgesproken op basis van expert judgement van de situatie ter plaatse.

### **Ontwerp**

Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met dezelfde bezwijkmechanismen als bij de toetsing:

- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteitsverlies onder golfaanval.

Met betrekking tot **afschuiving** wordt gebruik gemaakt van dezelfde formule als bij toetsing. In feite wordt het ontwerp, dat bepaald is op grond van de vereiste stabiliteit, getoetst op het aspect afschuiving. Het resultaat wordt bepaald door de golfhoogte, de taludhelling en de totale dikte van de bekleding.

De weerstand tegen **materiaaltransport** wordt in de ontwerpen verzorgd door het geokunststof (type 1) dat onder toplaag en uitvullaag wordt aangebracht. De eisen die aan dit geokunststof worden gesteld, zijn gebaseerd op dit aspect. Voor alle ontwerpen wordt gebruik gemaakt van één zelfde geokunststof.

Het aspect **stabiliteit van de toplaag onder golfaanval** is in de meeste gevallen bepalend voor het ontwerp. Voor de ontwerpberekeningen wordt gebruik gemaakt van het rekenprogramma ANAMOS.

