

DIJKVERBETERING BORSSSELEPOLDER-WEST

Ontwerpricht

Versie 3

JANUARI 1998

doc.nr. PZDT-R-98168

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

1. INLEIDING

- 1.1 Achtergrond
- 1.2 Doelstelling Ontwerprota
- 1.3 Leeswijzer

2. SITUATIEBESCHRIJVING

- 2.1 Locatie projectgebied

2.2 Geometrie

3. ONTWERP-CONDITIES

3.1 Uitgangspunten

3.2 Randvoorwaarden

3.2.1 Waterstanden

3.2.2 Golftrandvoorwaarden

3.2.3 Ecologische randvoorwaarden

4. TOETSING

4.1 Algemeen

4.2 Toetsing toplaag

4.2.1 Doorrijke bloksteen

4.2.2 Gepenetreerde basaltzulen

4.2.3 Niet-gepenetreerde basaltzulen

4.2.4 Diaboolblokken

4.2.5 Vilvoordse steen

4.2.6 Betonzulen

4.2.7 Vlakke betonblokken

4.2.8 Haringmanblokken

4.2.9 Doorgroeistenen

4.2.10 Grasbekleding bovenbeloop

4.3 Toetsing reststerkte bekleding

4.4 Conclusie

5. KEUZE BEKLEDING

5.1 Voorselectie

5.2 Beschikbaarheid

5.3 Constructieve toepasbaarheid

5.3.1 Taludhelling

5.3.2 Betonzulen

5.3.3 Betonblokken

5.3.4 Overlagen met breuksteen

5.4 Ecologische toepasbaarheid

5.5 Afweging

5.5.1 Getidezone

5.5.2 Zone boven GHW

5.5.3 Bovenbeloop

5.6 Gekozen bekleding

6. DIMENSIONERING

6.1 Kreukelberm

6.1.1 Toplaag

6.1.2 Geokunststof

6.2 Teenconstructie

6.3 Overgangsconstructie

1
4
4
4
5
6
6
6
8
8
8
8
9
9
10
10
10
11
12
12
13
14
14
15
15
16
16
17
17
18
19
19
20
21
21
22
22
23
24
24
25
27
28
29
30
30
30
31
32
32

6.4 Bekleding	33
6.4.1 Toplaag	33
6.4.2 Uitvullaag	36
6.4.3 Geokunststof	36
6.5 Overgang boventafel-berm	37
6.6 Berm	37
6.7 Bovenbeloop	37

FIGUREN
LITERATUUR
BIJLAGEN
APPENDIX

SAMENVATTING

In deze nota wordt het ontwerp beschreven van de verbetering van de glooiing van het dijkvak van de Borsselepolder-west, 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 Ontwerprnota 1998.

Het dijkvak van de Borsselepolder-west is onderdeel van het Waterschap Zeeuwse Eilanden. De lengte van het vak is ongeveer 2,3 km. De kern van de dijk bestaat uit klei, de ondertafel is bekleed met verschillende soorten natuursteen op een granulaire laag, de bovertafel is bekleed met verschillende soorten betonblokken 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 Borsselepolder-west gelden specifieke **randvoorwaarden** met betrekking tot de golfaanval en met betrekking tot de natuurwaarden. De golftrandvoorwaarden zijn relatief zwaar: afhankelijk van de waterstand varieert de golfhoogte H_s tussen 1,0 m en 3,4 m en de periode T_p tussen 6,8 s en 8,2 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 in het westelijke deel van het dijkvak, in het oostelijke deel bestaan wel mogelijkheden voor verbetering mits bepaalde bekledingstypen worden gekozen (betonzuilen met 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 topklaag onder golfaanval en reststerkte. Van de ondertafel is een deel beoordeeld als 'onvoldoende' en een deel als 'goed'; voor een ander deel geldt, dat definitieve toetsing nog niet mogelijk is met de beschikbare kennis. De boven tafel is volledig beoordeeld als 'onvoldoende'. De delen die als 'onvoldoende' zijn beoordeeld, moeten worden verbeterd, voor de delen die nog niet kunnen worden getoetst geldt, dat de verdere uitwerking wordt uitgesteld totdat er wel een definitief toetsingsresultaat is.

Het bovenbeloop wordt belast door stromend water in de vorm van golfoploop; de huidige grasbekleding van het onderste deel van het bovenbeloop wordt als 'onvoldoende' beoordeeld.

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.

De delen van de bekleding die nog niet definitief zijn getoetst, bevinden zich in een gedeelte van het dijkvak in de ondertafel, boven bekledingen die moeten worden verbeterd. Om te voorkomen dat de niet-getoetste bekledingen worden verstoord, wordt ook de verbetering van de onderliggende, 'onvoldoende' bekledingen uitgesteld. Voor zover de bekleding uiteindelijk als 'onvoldoende' zal worden beoordeeld, zal deze kunnen worden overlaagd met breuksteen. Dit uitsstel van de verbetering van de 'onvoldoende' bekleding is alleen geoorloofd als eventueel bezwijken van de gehandhaafde 'onvoldoende' bekleding niet leidt tot bezwijken van de nieuwe bekleding van de boven tafel; dit wordt bereikt door het aanbrengen van een sterke overgangstructuur onderaan de nieuwe bekleding.

Hergebruik van natuursteen als bekledingsmateriaal wordt voor dit dijkvak niet beschouwd, omdat de uitvoeringstechnische nadelen hiervan op dit dijkvak niet worden gecompenseerd door eventuele voordelen met betrekking tot inpassing en esthetiek.

Hergebruik van betonblokken is uit constructief oogpunt over het algemeen niet mogelijk vanwege de zware golfbrandvoorwaarden. In een smalle strook onderin een deel van het dijkvak is een bekleding van betonblokken weliswaar constructief mogelijk, maar de afmetingen van dit vakje zijn zeer klein, terwijl bovendien een extra overgangstructuur nodig zou zijn. Hergebruik van betonblokken wordt in de glooiing van het dijkvak dan ook niet toegepast.

Voor alle delen van de glooiing die moeten worden vervangen, is dan alleen het bekledingstype betonzulen beschikbaar. Er moet wel een keuze worden gemaakt tussen betonzulen met en zonder ecotop. Slechts voor een deel van het dijkvak is toepassing van een ecotop zinnig uit ecologisch oogpunt; juist voor dit deel geldt echter, dat de golfbrandvoorwaarden zodanig zwaar zijn dat alleen het zwaarste zuiltypetype uit constructief oogpunt kan worden toegepast. Toevoeging van een ecotop op deze zuil is niet mogelijk. Voor alle nieuwe bekledingen in dit dijkvak wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzulen zonder ecotop.

Voor de versterking van het onderste deel van het bovenbeloop wordt gekozen voor een bekleding van vlakke betonblokken, waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van blokken van 0,45 m bij 0,45 m, die minder geschikt zijn voor hergebruik op de glooiing.

Het ontwerp bestaat van onder naar boven uit de volgende onderdelen:

- op een deel van het dijkvak een kreukelberm van stortsteen op een weefsel, deels ter ondersteuning van de nieuwe teen en deels ter overlaging van een onvoldoende bekleding;
- een teen- of overgangconstructie van betonbanden ondersteund door azobepalen, ter ondersteuning van de nieuwe bekledingen;
- op de glooiing een bekleding van betonzulen (dikte 0,40 m, soortelijke massa tussen 2600 en 2900 kg/m³) op een uitvullaag (sortering 14/32 mm, laagdikte 0,15 m) op een vlies;
- tussen glooiing en berm een afgeronde overgang van betonzulen op een uitvullaag op een vlies;
- op de berm een werkstrook van slakken op een weefsel, later af te werken met een laag asfaltbeton;
- op het onderste deel van het bovenbeloop, tot ongeveer het niveau NAP+7,4 m, een bekleding van (liggende) betonblokken, ondersteund door twee rijen (liggende) blokken op de berm. Voor dit onderdeel wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare blokken van 0,45 m bij 0,45 m.

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 het westelijke deel van het vak van de Borsselepolder, in deze nota Borssele-west genoemd. 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 Borsselepolder-west.

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 Borsselepolder-west;
- toetsings- en ontwerpberekeningen;
- 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 golfvandvoorwaarden. 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 golfvandvoorwaarden 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 Borsselepolder-west ligt op Zuid-Beveland, in het beheersgebied van het waterschap Zeeuwse Eilanden, bij de plaats Borssele. De locatie is weergegeven in Figuur 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering heeft een lengte van ongeveer 2,3 km en ligt tussen dp 54,6 (westgrens) en dp 31,16 (oostgrens). Aan de oostzijde sluit het vak aan op het eerste vak van de Borsselepolder, waarvan de bekleding in 1997 is verbeterd.

2.2 Geometrie

De geometrie van de bestaande glooiing van het dijkvak Borsselepolder-west kan globaal worden beschreven door drie karakteristieke dwarsprofielen. Ter indicatie is het profiel van vak 19a (het gedeelte dp 46 - dp 39,3) 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.

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

Het niveau van de teen varieert van NAP-1 m (aan de oostkant) tot NAP+1,5 m (aan de westkant). De teenconstructie wordt ondersteund door een bestorting. Op het gedeelte dp 43,5 - dp 39,3 ligt bovendien vlak voor de teen een langsdam bekleed met Vilvoordse steen. In het gedeelte ten westen van dp 43 is de teenconstructie bedekt door slik; het niveau van het slik neemt in westelijke richting toe tot boven NAP+3 m.

De bekleding wordt in tweeën gedeeld door een overgang rond NAP+3,5 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 1:3,3 en 1:4. Onderin de bekleding ligt plaatselijk Doornikse bloksteen en Vilvoordse steen. Verder bestaat de bekleding van de ondertafel voornamelijk uit basaltzulen, ten oosten van dp 40 grotendeels gepenetreerd met asfalt. Aan de westelijke rand, op het gedeelte dp 51,3 - dp 54,6, is de ondertafel bekleed met Vilvoordse steen.

De toplaag van de ondertafel ligt op een laag van granulaair materiaal; op grond van locatie-onderzoek is vastgesteld dat deze granulaire laag onder circa NAP+3 m ondoorlatend en daarboven doorlatend is.

Het bovenste gedeelte, tussen de overgang en de berm (rond NAP+5,5 m), wordt de **boventafel** genoemd. De taludhelling is circa 1:4. De bekleding van de boventafel bestaat uit betonblokken. In het algemeen liggen tot aan het niveau NAP+4,5 m vlakke betonblokken en daarboven tot aan de berm Haringmanblokken. De dikte van de blokken is voornamelijk 0,25 m en deels 0,30 m of 0,20 m. Lengte en breedte van de blokken zijn deels 0,45 m en deels 0,50 m. Locaal bestaat de bekleding ook uit doorgroeistenen en betonzuilen.

De berm en het bovenbeloop tussen berm en kruin heeft 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 basisspellen langs de Nederlandse kust' [4]. Voor de bepaling van dit ontwerppeil is een zeespiegelrijzing voor de duur van 65 jaar opgeteld bij de vastgestelde basisspellen voor 1985.

Karakteristieke waterstand	hoogte [m+NAP]
Gemiddeld Hoogwater	2,15
Toetspeil 2000.0	ten oosten van dp 40: 4,35 ten westen van dp 40: 4,40
Ontwerppeil 2050	5,70

Tabel 3.1: Karakteristieke waterstanden

In de Inventarisatie [2] wordt opgemerkt, dat er twijfel bestaat over de weergegeven waarden van het toetspeil: de waarden voor de vakken ten oosten en ten westen zijn 1 à 1,5 m hoger. Het is niet duidelijk waardoor dit verschil wordt veroorzaakt.

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 loodrechte inval die hoort bij de gegeven maatgevende golfbelasting.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dpi]	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	
19c,19b	54,6-46		260	2,7	8,2	1,9	7,5	1,0	6,8
19a	46-39,3		260	3,4	8,2	3,1	7,5	2,7	6,8
20b	39,3-35		270	3,4	7,5	3,1	7,5	2,7	6,8
20a,21	35-31,16		270	2,9	7,5	2,6	7,5	2,3	6,8

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. Binnen het dijkvak wordt onderscheid gemaakt tussen twee gedeeltes. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.3.

Dijkvak [volgens [1]]	locatie [dpi]	getidezone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
19	54,6-39,3	geen voorkeur	matig	geen voorkeur	geen voorkeur
20	39,3-31,16	geen voorkeur	goed	matig	goed (ecotop)

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 Borsselepoederwest is in dat kader globaal getoetst aan de hand van de Leidraad Toetsen op Veiligheid; de gehele getoetste bekleding is beoordeeld als 'onvoldoende'. In het inventarisatierapport is aangegeven dat de geldigheid van dit resultaat wordt beperkt door dat

- 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. Mederon 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 onderstaande tabel van het dijkvak liggen bekledingen van:

- Doornikse bloksteen;
- met asfalt geopeneteerde basaltzulen;
- niet-geopeneteerde basaltzulen;
- diabloolblokken;
- Vilvoordse steen;

Al deze bekledingen liggen op een granulaire onderlaag.

In de boventafel liggen bekledingen van:

- betonzulien;
- vlakke betonblokken;
- Haringmanblokken;
- doorgroei stenen.

De bekleding van betonzulien ligt op een granulaire onderlaag, de drie bekledingen van betonblokken liggen direct op klei.

Het bovenbeloop is bekleed met gras.

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

4.2.1 Doornikse bloksteen

Deze bekleding komt voor ten costen van dp 39,3, plaatselijk onderin de ondertafel, onder het niveau NAP+0,3 m. Een klein vakje, rond dp 39,3, is geopenetreed met beton.

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

Parameter	waarde	basis
bovengrens bekleding [m+NAP]	0,30	metingen
steilste taludhelling	1:3,8	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,28	metingen
soortelijke massa [kg/m ³]	2600	aanname

Tabel 4.1: 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: overal 'goed': de taludhelling is flauwer dan 1:3 en vanwege de aanwezigheid van een kleikern is de laagdikte van de bekleding groter dan 1,2 m. Dit geldt overigens voor alle bekledingen in het dijkvak.

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: niet-gepenetreerd: overal 'onvoldoende' op grond van *eenvoudige methode*; het geopenetreerde gedeelte kan niet worden getoetst op stabiliteit

Op grond van de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit, wordt de toplaag van niet-gepenetreerde Doornikse bloksteen beoordeeld als 'onvoldoende'. Het kleine vakje met geopenetreerde Doornikse bloksteen kan nog niet worden beoordeeld. Vanwege de kleine afmetingen van het vakje wordt het uit praktische overwegingen bij de niet-gepenetreerde bekleding betrokken en niet meer apart beschouwd.

4.2.2 Gepenetreerde basaltzuilen

Bekledingen van met gietasfalt gepenetreerde basaltzuilen bevinden zich bovenin de ondertafel (tot ongeveer NAP+3,5 m) ten oosten van dp 39,3. Het onderste deel van de bekleding ligt op een ondoorlatend filter. Het bovenste gedeelte, over een breedte van ongeveer 2 m, is tijdens de aanleg van de betonblokkenbekleding van de boventafel herzet, om een goede aansluiting te krijgen op de nieuwe bekleding. Daarbij is een nieuw, doorlatend filter aangebracht. De grens tussen doorlatend en ondoorlatend filter ligt op NAP+3,0 m in het gedeelte dp 39,3 - dp 32,5 en op NAP+2,7 in het gedeelte dp 32,5 - dp 31,16. De situatie is vergelijkbaar met de bekleding in het aansluitende vak Borssele-oost, dat in 1997 is uitgevoerd.

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

Beheerdersoordeel: 'onvoldoende' bij doorlatend filter (schade-ervaring)

Afschuiwing: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: niet getoetst

De toetsing van de stabiliteit behoeft een nadere toelichting. Het is met de huidige stand van de kennis niet mogelijk om gepenetreerde zetssteenbekledingen te toetsen. In het Deltagootonderzoek worden proeven gedaan met deze constructievorm. De verwachting is dat de resultaten van deze proeven zullen leiden tot toepasbare toets- en ontwerpregels.

Op grond van het beheerdersoordeel is de bekleding op doorlatend filter beoordeeld als 'onvoldoende'. Van de bekleding op ondoorlatend filter echter wordt verwacht dat de stabiliteit groter is; op grond van deze verwachting is besloten om voor dat gedeelte het resultaat van de toetsing uit te stellen, in afwachting van de resultaten van het onderzoeksprogramma in de Deltagoot. Hiermee wordt voor het dijkvak Borssele-west dezelfde benadering gevolgd als voor het vak Borssele-oost, dat in 1997 is uitgevoerd.

Op grond van het beheerdersoordeel wordt de top laag bij doorlatend filter (boven NAP+3,0 ten westen van dp 32,5, boven NAP+2,7 ten oosten van dp 32,5), beoordeeld als 'onvoldoende', terwijl voor de top laag onder die niveaus geen definitief toetsingsresultaat wordt gegeven.

4.2.3 Niet-gepenetreerde basaltzuilen

Bekledingen van niet-gepenetreerde basaltzuilen bevinden zich in de ondertafel.

Het betreft de volgende gedeeltes:

- op het gedeelte dp 51,3 - dp 39,3 de gehele ondertafel boven NAP+0,5 m;
- op het gedeelte dp 38,5 - dp 35 onder het niveau NAP+2 m.

Voor het gedeelte dp 51,3 - dp 39,3 worden de delen onder en boven NAP+2 m apart getoetst, om onderscheid te kunnen maken tussen het zwaarder en minder zwaar belaste deel van de bekleding.

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

parameter	waarde			basis
	vak 19b	vak 19a	vak 20b	
bovengrens bekleding [m+NAP]	3,5	3,5	2,0	metingen
steilste taludhelling	1:3,8	1:3,8	1:3,3	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,22	0,30	0,30	metingen
soortelijke massa [kg/m ³]	2900	2900	2900	aanname

Tabel 4.2: Gegevens toetsing niet-gepenetreerde basaltzulen

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

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

Afschuiving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: zie Tabel 4.3.

vak (+locatie [dp])	toetsingsresultaat
19b (51,3 - 46)	onder NAP+2 m 'goed' (geavanceerde methode) boven NAP+2 m 'onvoldoende' (geavanceerde methode)
19a (46-39,3)	zowel onder als boven NAP+2 m 'onvoldoende' (geavanceerde methode)
20b (38,5-35)	'onvoldoende' (eenvoudige methode)

Tabel 4.3: Toetsingsresultaat niet-gepenetreerde basaltzulen

De toetsing van de stabiliteit van de vakken 19b en 19a heeft een nadere toelichting. De bekleding van basaltzulen in die vakken is ingezand. Toetsing volgens de *eenvoudige methode* leidt direct tot een beoordeling 'onvoldoende', maar vanwege de ondoortendheid van het filter mag worden aangenomen dat de stabiliteit van de bekleding toeneemt. Het is dan geoorloofd om de beoordelingsgrenzen in de 'black-box'-grafiek (van de *eenvoudige methode*) te verhogen. Voor de gehele bekleding van de vakken 19b en 19a geldt, dat hierdoor het resultaat volgens de *eenvoudige methode* kan worden opgewaardeerd tot 'twijfelachtig'. De berekeningen volgens de *gedetailleerde methode* (zoals opgenomen in Bijlage 1) leveren evenmin een eenduidig resultaat op: het resultaat is dus ook volgens de *gedetailleerde methode* 'twijfelachtig'.

Omdat uit gedetailleerde toetsing geen definitief toetsingsresultaat volgt, is voor deze vakken (19b en 19a) een *geavanceerde toetsing* uitgevoerd [8]. Op grond van een aantal indicaties voor de stabiliteit is daarin het definitieve toetsingsresultaat vastgesteld, zoals weergegeven in Tabel 4.3.

4.2.4 Diaboolblokken

Onderin de ondertafel, rond dp 33,5 ligt een klein vakje met diaboolblokken.

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

Op grond van het beheerdersoordeel wordt de top laag als 'onvoldoende' beoordeeld.

4.2.5 Vilvoordse steen

Dit bekledingstype komt voor in vak 19c, in het gedeelte dp 51,3 - 46, onder NAP+3,4 m (boven NAP+2,7 m gepenetreerd met beton) en in de vakken 19b en 19a helemaal onderin de bekleding.

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

parameter	waarde		basis
	niet gep.	gep.	
bovengrens bekleding [m+NAP]	2,7	3,4	metingen
steilste taludhelling	1:3,2	1:3,2	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,22	0,22	metingen
soortelijke massa [kg/m ³]	2500	2500	aanname

Tabel 4.4: Gegevens toetsing Vilvoordse steen

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

Beheerdersoordeel: 'onvoldoende' voor gepenetreerde bekleding en voor de bekleding onderin vak 19b en 19a.

Afschrijving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: voor niet-gepenetreerde bekleding 'onvoldoende' op grond van de *eenvoudige methode*, gepenetreerde bekleding niet getoetst

Op grond van het beheerdersoordeel (voor de gepenetreerde bekleding en de bekleding onderin vak 19b en 19a) en de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit (voor de niet-gepenetreerde bekleding) wordt de top laag van Vilvoordse steen als 'onvoldoende' beoordeeld.

4.2.6 Betonzuilen

In de bochten bij dp 39,3 en dp 32,5 liggen boven NAP+4,5 m kleine vakjes met een bekleding van betonzuilen.

Deze vakjes zijn niet formeel getoetst, maar worden uit praktische overwegingen zonder meer vervangen in aansluiting op de rest van de boven tafel, zoals beschreven in het vervolg van deze nota.

4.2.7 Vlakke betonblokken

Dit bekledingstype komt voor in bijna het gehele dijkvak, onderin de boventafel tot aan het niveau NAP+4,4 m.

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

parameter	waarde						basis
	vak 19c	vak 19b	vak 19a	vak 20b	vak 20a,21		
bovengrens bekleding [m+NAP]	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	metingen	
stelste taludhelling	1:3,7	1:3,8	1:3,8	1:4,0	1:4,0	metingen	
gemiddelde steendikte [m]	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25	metingen/be- steksgeg.	
soortelijke massa [kg/m ³]	2300	2300	2300	2300	2300	aanname	

Tabel 4.5: Gegevens toetsing vlakke betonblokken

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

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

Afschuiving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: overal 'onvoldoende' op grond van de *eenvoudige methode*.

Op grond van de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit wordt de toplaag van vlakke betonblokken beoordeeld als 'onvoldoende'.

4.2.8 Haringmanblokken

Dit bekledingstype komt voor in bijna het gehele dijkvak, in de boventafel tussen NAP+4,4 m en NAP+5,5 m.

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

parameter	waarde						basis
	vak 19c	vak 19b	vak 19a	vak 20b	vak 20a,21		
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	metingen	
stelste taludhelling	1:3,7	1:3,8	1:3,8	1:4,0	1:4,0	metingen	
gemiddelde steendikte [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	metingen/be- steksgeg.	
soortelijke massa [kg/m ³]	2300	2300	2300	2300	2300	aanname	

Tabel 4.6: Gegevens toetsing Haringmanblokken

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

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

Afschuiving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: overal 'onvoldoende' op grond van de *eenvoudige methode*.

Op grond van de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit wordt de toplaag van Haringmanblokken beoordeeld als 'onvoldoende'.

4.2.9 Doorgroeistenen

Dit bekledingstype komt voor in vak 21, in de boventafel tussen NAP+4,9 m en NAP+5,5 m.

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

parameter	waarde	basis
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,5	metingen
stielste taludhelling	1:4,0	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,25	metingen/desteksgeg.
soortelijke massa [kg/m ³]	2300	aanname

Tabel 4.7: Gegevens toetsing doorgroeistenen

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

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

Afschuiving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: overal 'onvoldoende' op grond van de *eenvoudige methode*.

Op grond van de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit wordt de toplaag van doorgroeistenen 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 golfoploop: 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 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 4.8.

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

Tabel 4.8: Toetsing grasbekleding bovenbeloop

Tussen de gegeven taludhellingen moet lineair worden geïnterpoleerd. Als de golfhoogte de gegeven grenswaarde overstijgt, bestaan twee mogelijkheden:

- afkeuren;
- onderzoek plegen waarmee mogelijk kan worden bewezen dat de aanwezige grasmat sterk genoeg is.

In de praktijk wordt in zo'n geval uitgegaan van een conservatieve benadering en wordt de grasmat als 'onvoldoende' beoordeeld.

Voor de Borsselepolder geldt, dat de taludhelling van het bovenbeloop ongeveer 1:3,5 is. De grenswaarde van de golfhoogte H_s bedraagt daarom 2,3 m. In het hele dijkvak wordt deze golfhoogte duidelijk overschreden (zie Tabel 3.2). Op grond daarvan wordt het beschouwde deel van de glooiing, rondom de knik tussen berm en bovenbeloop, als 'onvoldoende' beoordeeld.

4.3 Toetsing reststerkte bekleding

De reststerkte van de boventafel wordt bij voorbaat als 'onvoldoende' beoordeeld. Toetsing van de reststerkte is dan alleen van belang voor de ondertafel.

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

- de ontwerp golfhoogte 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.

In het grootste deel van het dijkvak is de ontwerp golfhoogte H_s groter dan 2 m; de beoordeling van de reststerkte is daarom direct 'onvoldoende'.

Alleen in het onderste deel van vak 19c (ongeveer tot aan NAP+2,5 m) is H_s kleiner dan 2 m: voor dit gedeelte zou de reststerkte een rol kunnen spelen. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 2 bestaat de kern van de dijk uit klei. 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

Vanwege de afwezigheid van reststerkte wordt het toetsingsresultaat bepaald door de stabiliteit van de top laag. Het resultaat is weergegeven in Tabel 4.9.

dijkvak	locatie [dpl]	toetsingsresultaat		
		ondertafel	boventafel	bovenbeloop
19c	54,6-51,3	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende
19b	51,3-46	onder NAP+0,5 m en boven NAP+2 m onvoldoende, daartussen goed	onvoldoende	onvoldoende
19a	46-39,3	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende
20b	39,3-35	onder NAP+2 m en boven NAP+3,0 m onvoldoende, daartussen niet getoetst	onvoldoende	onvoldoende
20a	35-32,5	onder NAP en boven NAP+3,0 m onvoldoende, daartussen niet getoetst	onvoldoende	onvoldoende
21	32,5-31,16	onder NAP en boven NAP+2,7 m onvoldoende, daartussen niet getoetst	onvoldoende	onvoldoende

Tabel 4.9: 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 4.9. De delen die zijn beoordeeld als 'onvoldoende' moeten worden verbeterd.

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:

- betonzulen (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 twee genoemde typen zetsteen worden dus alleen nieuw aan te voeren betonzulen 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 voor op het gedeelte dp 51,3 - dp 46. Daarnaast geldt voor het gedeelte ten oosten van dp 39,3, dat zich bovenin de ondertafel een bekleding bevindt die mogelijk als 'goed' zal worden beoordeeld, zodra er een toetsingsmethode beschikbaar is voor gepenetreeerde bekledingen. Voor beide gedeeltes wordt overlagen met breuksteen beschouwd als een oplossingsrichting.

Opgemerkt wordt; dat deze eventuele maatregel in principe zal worden uitgevoerd in een apart bestoringsbestek, conform de werkwijze voor het dijkvak van de Borsselepolder-oost in 1997. De beschikbare dimensioneringsregels zijn waarschijnlijk conservatief; verwacht wordt dat meer kennis over de dimensionering beschikbaar zal komen op grond van de modelproeven die aan het einde van 1997 worden uitgevoerd.

5.2

Beschikbaarheid

Aanvoer van nieuwe **betonzuilen** en van **breuksteen** voor overlaging 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. In de afweging of dit materiaal in het dijkvak moet worden toegepast, is de transportafstand een belangrijke parameter. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de onderlinge beïnvloeding van werken in uitvoering.

De beschikbare hoeveelheden, rekening houdend met de bestekken die worden voorbereid voor uitvoering in 1998, en de geschatte bijbehorende transportafstanden, zijn weergegeven in de volgende tabel.

oorsprong	transportafstand [km]	aantal	
		b=0,20 m	b=0,25 m
huidige bekleding		10.000	34.200
depot Borssele-oost	3	-	38.000
depot Hans van Kruiningenpolder		29.300	16.300
werk 98 Hoofdplaatpolder		42.300	-
depot Kleine Huissens/Eendragpolder		7.000	65.800
werk 98 NwOthene-, Margaretha- en Eendragpolder		19.600 tekort	42.100
werk 98 Ser-Arendspolder	overtocht Westerschelde	90.000	-

Tabel 5.1: Beschikbare betonblokken

De hoeveelheden in Tabel 5.1 betreffen alleen de blokken met een lengte en breedte van 0,50 m. 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.

Opgemerkt wordt, dat het materiaal optimaal moet worden hergebruikt; 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 [9] 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.

Afhankelijk van de vraag of de gehele bekleding moet worden vervangen of niet zijn in principe twee oplossingen beschikbaar:

- handhaven van de huidige taludhellingen;
- aanbrengen van één constante, nieuwe taludhelling.

Voor deze beschouwing zal gebruik worden gemaakt van de gemiddelde taludhellingen over onder- en bovenafel: toepassing van deze gemiddelde hellingen heeft in principe de voorkeur boven het aanbrengen (of handhaven) van een knik tussen onder- en bovenafel. De bestaande gemiddelde taludhellingen van de steilste dwarsprofielen per vak, vastgesteld ten behoeve van dit ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 5.2.

dijkvak	locatie [dp]	taludhelling
19c	54,6-51,3	3,4
19b	51,3-46	3,8
19a	46-39,3	3,8
20b	39,3-35	3,6
20a,21	35-31,16	3,9

Tabel 5.2: Bestaande taludhellingen

Benadrukt wordt, dat deze hellingen niet noodzakelijk de ontwerphellingen hoeven te zijn: deze hellingen worden gebruikt voor het verkrijgen van een goede indicatie van de constructieve toepasbaarheid. De resultaten worden gebruikt als eerste indicatie voor het ontwerp, maar voor het uiteindelijke ontwerp worden aparte berekeningen gemaakt. Dit wordt beschreven in Hoofdstuk 6.

5.3.2 Betonzuilen

De insteek met betrekking tot 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. Dit resulteert in de steilste mogelijke taludhelling, uitgaand van de zwaarste randvoorwaarden. De sterkste betonzuilen die momenteel leverbaar zijn, hebben een soortelijke massa van 2900 kg/m³ 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.

Voor de vier onderscheiden vakken uit Tabel 3.2 is vastgesteld wat de steilste toepasbare taludhelling is bij de randvoorwaarden op het niveau NAP+6 m.

dijkvak	locatie [dpl]	steilste mogelijke taludhelling
19c,19b	54,6-46	1:3,2
19a	46-39,3	1:4,1
20b	39,3-35	1:3,7
20a,21	35-31,16	1:3,2

Tabel 5.3: Constructieve toepasbaarheid betonzuilen

Met deze waarden voor de steilste mogelijke taludhelling zal in het ontwerp en in de uitvoering rekening worden gehouden. Vooral in de zwaarst belaste vakken 19a en 20b zou dit kunnen inhouden dat de bestaande taludhelling moet worden verflauwd. Geconcludeerd wordt, dat toepassing van betonzuilen in het gehele dijkvak mogelijk is, mits rekening wordt gehouden met de berekende steilste mogelijke taludhellingen.

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 Tabel 5.1 blijkt dat twee soorten betonblokken beschikbaar zijn. In gekantelde vorm is de dikte van de blokken 0,50 m, de lengte (evenwijdig aan de dijkas) is ook 0,50 m. De breedte (langs het talud) is deels 0,25 m en deels 0,20 m. De constructieve toepasbaarheid van deze twee soorten moet apart worden bepaald: in gekantelde vorm is het relatieve open oppervlak in geval van een breedte van 0,20 m groter dan in geval van een breedte van 0,25 m. De doorlatendheid van de toplaat is dus groter, en daarmee ook de stabiliteit. Voor de filterlaag wordt in de berekeningen gebruik gemaakt van ontwerpwaarden.

De berekening is uitgevoerd voor alle vier vakken waarvoor verschillende golftrandvoorwaarden gelden (zie Tabel 3.2), en daarbinnen voor de twee beschikbare typen blokken en voor toepassing met de vastgestelde gemiddelde taludhellingen. De maximale hoogte tot waar de gekantelde betonblokken in de vier afzonderlijke vakken kunnen worden toegepast en de marge in de taludhelling die aanwezig is in dat geval is weergegeven in de volgende tabel.

dijkvak	locatie [dp]	maximaal topniveau [m+NAP]	b=0,20 m	b=0,25 m
19c, 19b	54,6-46	1,8 (tot 1:3,2)	1,5 (tot 1:3,0)	
19a	46-39,3	-	-	
20b	39,3-35	-	-	
20a,21	35-31,16	-	-	

Tabel 5.4: Constructieve toepasbaarheid gekantelde blokken

Geconcludeerd wordt, dat toepassing van gekantelde blokken op het gedeelte dp 31,16 - dp 46 nergens mogelijk is. In het gedeelte dp 46 - dp 54,6 is toepassing van gekantelde blokken tot aan een beperkt niveau in de ondertafel mogelijk.

5.3.4 Overlagen met breuksteen

Om overlagen van de ondertafel met breuksteen in de afweging mee te kunnen nemen, moet worden bezien of wordt voldaan aan de volgende twee constructieve voorwaarden:

- aanwezigheid van voorland met een stabiele grondslag;
- de overlaging moet vanaf het water kunnen worden uitgevoerd.

Zoals besproken in § 5.1 wordt overlagen met breuksteen alleen als oplossingsrichting beschouwd voor het gedeelte dp 51,3 - dp 46 en voor het gedeelte ten oosten van dp 39,3. Het gehele vak voldoet aan de twee gestelde voorwaarden. Overlagen van de ondertafel met breuksteen is dus in constructief opzicht mogelijk.

Zoals vermeld in § 5.1 zal de uitvoering van dit bekledingstype worden uitgesteld totdat meer kennis beschikbaar is met betrekking tot de dimensionering op grond van de resultaten van de modelproeven van 1997.

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	<ul style="list-style-type: none">• basaltzulen• betonzuilen met ecotoplaag	<ul style="list-style-type: none">• betonzuilen• basaltzulen
matig	<ul style="list-style-type: none">• gekanteelde betonblokken• betonzuilen zonder ecotoplaag• overlagen met breuksteen	<ul style="list-style-type: none">• gekanteelde betonblokken

Tabel 5.5: Waardering toepasbare bekledingstypen

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

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone		boven GHW	
19	54,6 - 39,3	herstel	verbetering	herstel	verbetering
20	39,3 - 31,16	geen voorkeur	matig	geen voorkeur	geen voorkeur
		geen voorkeur	goed	matig	goed (ecotop)

Tabel 3.3: Minimaal benodigd type dijkbekleding

Voor de getijdezone geldt, dat in het hele dijkvak alle bekledingstypen voldoende voor *herstel* van natuurwaarden. Voor *verbetering* van natuurwaarden geldt, dat alle bekledingstypen voldoende ten westen van dp 39,3, terwijl ten oosten van dp 39,3 alleen basaltzulen of betonzuilen met ecotop kunnen worden toegepast.

Voor de zone boven GHW geldt, dat voor *herstel* van natuurwaarden alle bekledingstypen voldoende. Voor *verbetering* van natuurwaarden geldt, dat alle bekledingstypen voldoende ten westen van dp 39,3, terwijl ten oosten van dp 39,3 alleen betonzuilen met ecotop kunnen worden toegepast.

5.5 Afweging

In Tabel 5.6 wordt samengevat welke bekledingstypen kunnen worden toegepast, uitgaand van beschikbaarheid, constructieve toepasbaarheid en ecologische toepasbaarheid.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone		boven GHW	
		herstel	verbetering	herstel	verbetering
19c	54,6-51,3	betonblokken* betonzuilen	betonblokken* betonzuilen	betonzuilen	betonzuilen
19b	51,3-46	betonblokken* betonzuilen overlagen	betonblokken* betonzuilen overlagen	betonzuilen	betonzuilen
19a	46-39,3	betonzuilen	betonzuilen	betonzuilen**	betonzuilen**
20b	39,3-35	betonzuilen overlagen	betonzuilen (met ecotop)	betonzuilen**	betonzuilen** (met ecotop)
20a,21	35-31,16	betonzuilen overlagen	betonzuilen (met ecotop)	betonzuilen	betonzuilen (met ecotop)

*gekantelde betonblokken uit constructief oogpunt tot beperkte hoogte toepasbaar (zie Tabel 5.4)

**stelt mogelijke taludhelling beperkt (zie Tabel 5.3)

Tabel 5.6: Bekledingstypen voor herstel of verbetering

De afweging tussen deze bekledingstypen voor de vijf afzonderlijke vakken wordt apart beschreven voor getijdezone, zone boven GHW en bovenbeloop.

5.5.1 Getijdezone

In het **gedeelte dp 54,6 - dp 51,3** moet de gehele ondertafel worden verbeterd. Uit Tabel 5.6 blijkt, dat moet worden gekozen tussen gekantelde blokken en betonzuilen en dat tussen deze twee geen voorkeur bestaat uit ecologisch oogpunt. Toepassing van gekantelde blokken is mogelijk tot aan het niveau NAP+1,8. Het niveau van het voorland varieert van NAP+0,5 m tot NAP+3 m, zodat een strook met een breedte (langs het talud) van maximaal 4 m van gekantelde blokken kan worden aangebracht. Daarboven zal zeker een bekleding van betonzuilen moeten worden aangebracht. De beperkte breedte van de mogelijke strook met gekantelde blokken in combinatie met de extra benodigde overgangsstrucuur is ongunstig uit uitvoeringstechnisch oogpunt; op grond daarvan wordt op dit vak niet gekozen voor toepassing van gekantelde blokken, maar voor een bekleding van betonzuilen. Toevoeging van een ecotop levert geen ecologische meerwaarde op; uit kosten oogpunt wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

In het **gedeelte dp 51,3 - dp 46** moeten de bekledingen onder NAP+0,5 m en boven NAP+2 m worden verbeterd.

Voor de verbetering van de strook onderin wordt vervanging van de Vilvoordse steen niet overwogen, omdat hierdoor de te handhaven bekleding van basalt zou worden ondermijnd. Gekozen wordt om de onderste strook van Vilvoordse steen te overlagen met breuksteen in de vorm van een kreukelberm. Het aanbrengen van deze kreukelberm wordt binnen dit bestek uitgevoerd, in tegenstelling tot de eventuele overlagingen op het gedeelte ten oosten van dp 39,3. Het risico van overdimensionering is voor dit vak minder van belang omdat het slechts een smalle en laaggelegen strook betreft. Bovendien is het in uitvoeringstechnisch opzicht gunstig om aan te sluiten bij de kreukelbermen ten oosten en ten westen van dit vak.

Met betrekking tot de verbetering van de bekleding boven NAP+2 m blijkt uit Tabel 5.6, dat voor dit deel moet worden gekozen tussen overlagen, gekantelde blokken, en betonzuilen en dat er geen voorkeur bestaat uit ecologisch oogpunt. Overlagen wordt voor deze bovenste strook van de bekleding niet overwogen: het vervangen van deze bekleding leidt niet tot het verwijderen van een 'goede' bekleding. Toepassing van gekantelde blokken is mogelijk tot aan het niveau NAP+1,5 m; de 'onvoldoende'-getoetste bekleding kan hiermee dus niet worden verbeterd. Het enige beschikbare bekledingstype voor dit gedeelte wordt dus gevormd door betonzuilen. Toevoeging van een ecotop levert geen ecologische meerwaarde op; uit kosten oogpunt wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

In het **gedeelte dp 46 - dp 39,3** moet de gehele ondertafel worden verbeterd. Uit Tabel 5.6 blijkt, dat slechts betonzuilen toepasbaar zijn en dat er geen voorkeur bestaat uit ecologisch oogpunt. Toevoeging van een ecotop levert geen ecologische meerwaarde op; uit kosten oogpunt wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

In het **gedeelte dp 39,3 - dp 35** moeten de bekledingen van niet-gepenetreerde basalt en Doornikse bloksteen onderin en de bekleding van gepenetreerde basalt op doorlatend filter bovenin de ondertafel zeker worden verbeterd; de strook daartussen (tussen NAP+2,0 m en NAP+3,0 m) kan nog niet definitief worden getoetst. De strook boven NAP+3,0 m wordt bij de bovenafel gevoegd; dit wordt besproken in § 5.5.2. De onderste en middelste stroken worden hier besproken.

Uit Tabel 5.6 blijkt, dat een keuze moet worden gemaakt tussen enerzijds overlagen van de 'onvoldoende' bekleding onderin en anderzijds vervangen van de bekleding door betonzuilen. Uit ecologisch oogpunt bestaat een voorkeur voor het laatste. Als gekozen wordt voor het aanbrengen van betonzuilen, moet ook een oplossing worden gevonden voor de niet-getoetste bekleding boven NAP+2 m (tijdelijk ondersteunen, herzetten of ook vervangen door betonzuilen). Uit het oogpunt van kosten is gekozen om de hele bekleding tot aan NAP+3,0 m vooralsnog te handhaven, totdat meer duidelijkheid bestaat over de toetsing van gepenetreerde basalt. Voor zover de bekleding vervolgens 'onvoldoende' wordt beoordeeld, zal deze kunnen worden overlaagd met breuksteen. Dit zal worden uitgevoerd in een apart bestek en wordt daarom in deze nota niet verder behandeld. Vanwege de onzekerheid over de sterkte van de bekleding is handhaven alleen geoorloofd als de nieuwe, bovenliggende bekleding ondersteund wordt door een sterke overgangsconstructie. Ondermijning van de nieuwe, bovenliggende bekleding als gevolg van eventueel bezwijken van de onderliggende bekleding wordt hierdoor voorkomen.

In het **gedeelte dp 35 - dp 32,5** moeten de bekledingen van Doornikse bloksteen en diablooblokken onderin de onder tafel en de bekleding van gepenetreerde basalt op doorlatend filter bovenin zeker worden verbeterd. De strook daartussen (tussen NAP+2,0 m en NAP+3,0 m) kan nog niet definitief worden getoetst. De situatie is vergelijkbaar met het gedeelte dp 39,3 - dp 35. De strook boven NAP+2,7 m wordt bij de boventafel gevoegd; hierdoor wordt ook het strookje tussen NAP+2,7 m en NAP+3,0 m (dat nog niet definitief is getoetst), vervangen. Dit heeft als reden dat hierdoor een betere aansluiting bij de aangrenzende vakken wordt verkregen. De boventafel wordt besproken in § 5.5.2, de onderste en middelste stroken worden hier besproken. Ook op dit gedeelte wordt gekozen voor voorlopig handhaven van het onderste deel van de bekleding totdat meer duidelijkheid bestaat over de toetsing van gepenetreerde basalt, waarna 'onvoldoende' delen van de bekleding kunnen worden overlaagd met breuksteen. Ook hier geldt, dat voorlopig handhaven alleen geoorloofd is in combinatie met een sterke overgangstructie bovenaan de bekleding.

In het **gedeelte dp 32,5 - dp 31,16** moeten de bekleding van Doornikse bloksteen onderin de onder tafel en de bekleding van gepenetreerde basalt op doorlatend filter bovenin zeker worden verbeterd. De strook daartussen (tussen NAP en NAP+2,7 m) kan nog niet definitief worden getoetst. De situatie is vergelijkbaar met het gedeelte dp 39,3 - dp 35. De strook boven NAP+2,7 m wordt ook hier bij de boventafel gevoegd (zie § 5.5.2). Ook op dit gedeelte wordt gekozen voor voorlopig handhaven van het onderste deel van de bekleding totdat meer duidelijkheid bestaat over de toetsing van gepenetreerde basalt, waarna 'onvoldoende' delen van de bekleding kunnen worden overlaagd met breuksteen. Ook hier geldt, dat voorlopig handhaven alleen geoorloofd is in combinatie met een sterke overgangstructie bovenaan de bekleding.

5.5.2 Zone boven GHW

De gehele bekleding is beoordeeld als 'onvoldoende'. Overal geldt, dat een bekleding van betonzuilen het enige beschikbare type is. Onderscheid wordt gemaakt tussen het gedeelte ten westen en ten oosten van dp 39,3.

Ten westen van dp 39,3 levert toepassing van ecotops op de zuilen geen ecologische meerwaarde. Uit het oogpunt van kosten wordt voor dit gedeelte dan ook gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

Voor het gedeelte **ten oosten van dp 39,3** geldt, dat toepassing van betonzuilen met ecotop leidt tot *verbetering* van natuurwaarden, terwijl betonzuilen zonder ecotop slechts tot *herstel* leiden. Er moet een afweging worden gemaakt tussen de ecologische meerwaarde als gevolg van een ecotop tegenover de hogere kosten daarvan. In principe wordt voor dit vak op grond van deze afweging gekozen voor toepassing van ecotops. Uit nadere berekeningen volgt echter, dat voor het hele gedeelte ten oosten van dp 39,3 alleen betonzuilen met een dikte van 40 cm in constructieve zin toepasbaar zijn. Dit is in overeenstemming met de smalle marge voor toepassing zoals bepaald in Tabel 5.3. Zoals aangegeven is 40 cm de grootste zulafmeting die momenteel kan worden gefabriceerd; toevoeging van een ecotop op deze zuil is niet mogelijk. Op grond hiervan wordt gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

De bekleding van gepenetreerde basalt op doorlatend filter bovenin de huidige onderafel wordt eveneens vervangen door betonzuilen; dit gedeelte wordt daarmee bij de bovenafel gevoegd. Ook voor dit gedeelte geldt, dat alleen zuilen met een dikte van 40 cm toepasbaar zijn, zodat toevoeging van ecotops niet mogelijk is.

5.5.3 Bovenbeloop

De top laag van het bovenbeloop wordt alleen belast door stromend water.

In principe moet eerst een keuze worden gemaakt tussen het verbeteren van de grasbekleding en het aanbrengen van een nieuwe bekleding. In de praktijk is het niet goed mogelijk om een grasmat met een bepaalde minimale sterkte te ontwerpen. Gekozen wordt dus voor een nieuwe bekleding.

De vereiste sterkte is zeer beperkt: aangenomen kan worden dat zowel de lichtst mogelijke betonzuilen als (liggende) betonblokken in dat opzicht voldoen. Naast de sterkte is de begroeibaarheid van belang. In de praktijk blijkt, dat zelfs op een bekleding van liggende betonblokken op het bovenbeloop een grasbekleding ontstaat. Op grond van het uitgangspunt van optimaal hergebruik en het uitgangspunt van kosten wordt gekozen voor hergebruik van liggende betonblokken op het bovenbeloop.

De afmetingen van de toe te passen betonblokken worden bepaald door de beschikbaarheid. In Tabel 5.1 is aangegeven dat vanuit de bestaande bekleding en vanuit het nabijgelegen depot blokken van 0,50 m bij 0,50 m beschikbaar zijn met diktes van 0,20 m en 0,25 m. Daarnaast zijn uit de bestaande bekleding blokken van 0,45 m bij 0,45 m beschikbaar, met een dikte van 0,25 m en 0,30 m. In § 5.2 is aangegeven dat de kwaliteit van deze blokken minder goed is, zodat ze niet geschikt zijn voor hergebruik op de glooiing. Omdat de eisen voor de bekleding van het bovenbeloop minder streng zijn, kunnen ze hier wel worden hergebruikt. Voor zover beschikbaar wordt de bekleding van het bovenbeloop dan ook met deze blokken van 0,45 m bij 0,45 m uitgevoerd, als er een tekort is zal dit worden aangevuld met beschikbare blokken van 0,50 m bij 0,50 m.

5.6 Gekozen bekleding

De gekozen bekleding is samengevat in Tabel 5.7.

dijkvak	locatie [dp]	gekozen bekleding		
		overtafel	boventafel	bovenbeloop
19c	54,6-51,3	betonzuilen	betonzuilen	liggende betonblokken
19b	51,3-46	onder NAP+0,5 m breuksteen kreukelberm, boven NAP+2 m betonzuilen	betonzuilen	liggende betonblokken
19a	46-39,3	betonzuilen	betonzuilen	liggende betonblokken
20b	39,3-35	voor zover onvoldoende overlagen met breuksteen in apart bestorlingenbestek	boven NAP+3,0 m betonzuilen	liggende betonblokken
20a,21	35-31,16	voor zover onvoldoende overlagen met breuksteen in apart bestorlingenbestek	boven NAP+2,7 m betonzuilen	liggende betonblokken

Tabel 5.7: Gekozen bekleding

6. DIMENSIONERING

Op basis van de gekozen bekledingstypen volgens Tabel 5.7 is het ontwerp in detail uitgewerkt. Een glooiingskaart van het resulterend ontwerp is weergegeven in Figuur 4, samen met de huidige situatie. De resulterende dwarsprofielen zijn grafisch weergegeven in Figuur 5 tot en met 9. De constructieve uitwerking wordt in dit hoofdstuk beschreven per constructie-onderdeel, vanaf de teen richting het bovenbeloop.

6.1 Kreukelberm

Onderaan de bekleding wordt een kreukelberm aangebracht op het gedeelte dp 54,6 - dp 38,8. Op de gedeelten dp 54,6 - dp 51,3 en dp 46 - dp 39,3 is het doel van de kreukelberm het ondersteunen van de nieuwe teen; op de gedeelten dp 51,3 - dp 46 en dp 39,3 - dp 38,8 is dat het overlagen van de 'onvoldoende' beoordeelde bekleding van respectievelijk Vijvoordse steen en Doornikse bloksteen. Het laatste gedeelte dient bovendien als overgang naar het gedeelte van de bekleding zonder kreukelberm.

De kreukelberm bestaat uit een top laag 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 top laag is voorlopig gedimensioneerd met het programma BREAKWAT. Opgemerkt wordt, dat een berekening met dit programma leidt tot een overschatting van de vereiste steensoorting, 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 ³]	2650	aanname
taludhelling	1:7	toepassingsgrens
doorlatendheid P	0,1	toepassingsgrens

Tabel 6.1: Gegevens ontwerp top laag kreukelberm

De invoer en uitvoer van de berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 3.

De vereiste sortering van de topplaag is 60-300 kg op het gedeelte dp 54,6 - dp 46 en 300-1000 kg op het gedeelte dp 46 - dp 39,3.

De laagdikte van de topplaag bedraagt $2 \times D_n$. Voor de lichtere sortering van 60-300 kg komt dit neer op een laagdikte van 0,8 m. Voor het gedeelte dp 51 - dp 46, waar de bestaande bekleding wordt overlaagd, moet deze laagdikte worden aangehouden tot aan de bovenkant van de bekleding van Vilvoordse steen. De breedte van de kreukelberm (vanaf de teen) bedraagt 5 m. De topplaag van dit materiaal kan rechtstreeks op de rietmat op het geokunststof worden aangebracht.

De topplaagdikte van de zwaardere sortering (van 300-1000 kg) is 1,2 m, de breedte vanaf de teen bedraagt in principe 10 m. Op het gedeelte dp 39,5 - dp 43,5 echter ligt in de huidige situatie voor de teen een langsdam, die in het ontwerp zal worden geïntegreerd. De ruimte tussen de teen en deze dam is ongeveer 5 m. Op de langsdam zal een deel van de vrijkomende Vilvoordse steen worden bijgestort en in de tussenliggende strook zal de bestorting worden aangebracht. Voor deze sortering geldt, dat een granulaire tussenlaag gewenst is om, ondanks de rietmat, beschadiging van het geokunststof door de breuksteen te voorkomen en om een betere aansluiting van het geokunststof op de topplaag te verkrijgen. Onder de topplaag wordt daarom een tussenlaag aangebracht van vrijkomend bekledingsmateriaal (bijvoorbeeld Vilvoordse steen), met een dikte van 0,25 m.

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 ontwerpnota 'type 2' genoemd.

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

eigenschap	waarde
treksterkte	≥ 50 kN/m (ketting en inslag)
rek bij breuk	≤ 20 % (ketting en inslag)
doorstromingsweerstand Δh_s	≤ 30 mm (bij filtersnelheid 10 mm/s)
poriegrootte O_{90}	≤ 350 μ m
levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
sterkte naaiaad	≥ 50 % van breuksterkte geokunststof

Tabel 6.2: Eisen geokunststof type 2

De besproken bescherming met een rietmat is eveneens een standaard-constructie.

Voor het gedeelte met een nieuwe teenconstructie geldt, dat het geokunststof wordt aangebracht onder de gehele bestorting voor zover die niet op de bekleding ligt en wordt aangesloten op de buitenkant van de teenconstructie. Voor de gedeelten dp 51,3 - dp 46 en dp 39,3 - dp 38,8, waar de kreukelberm dient als overlaging van de bestaande bekleding van Vilvoordse steen, wordt het geokunststof over enige breedte over deze bestaande bekleding heen doorgetrokken om een overlapping te verkrijgen.

6.2 Teenconstructie

De teenconstructie maakt alleen deel uit van het ontwerp op dat deel van het dijkvak waar de hele bekleding wordt vervangen. Dit betreft het gedeelte dp 54,6 - dp 51,3 en het gedeelte dp 46 - dp 39,3. De teenconstructie dient ter ondersteuning van de nieuwe bekleding.

Voor beide gedeelten wordt dezelfde constructie toegepast, bestaande uit een afgeschuinde betonband (0,50 m × 0,12 m × 1,0 m), ondersteund door azobépalen (lengte 1,50 m, h.o.h. 0,33 m). De hoogte van 0,50 m wordt bepaald door de afmetingen van de te ondersteunen bekleding. De azobépalen worden aan elkaar verbonden door een koppellat. Het niveau van de bovenkant van de teenconstructie loopt op het gedeelte dp 54,6 - dp 51,3 af van NAP+2 m tot NAP+1 m (vanwege het profiel van het voorland). Op het gedeelte dp 46 - dp 39,3 is dit niveau NAP+0,5 m.

6.3 Overgangsconstructie

Op het deel van het dijkvak waar het onderste deel van de bekleding wordt gehandhaafd, wordt onderaan de nieuwe bekleding een overgangsconstructie aangebracht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee gedeelten. Op het gedeelte dp 51,3 - dp 46 wordt de bekleding van basaltzulen onder NAP+2 m gehandhaafd omdat die bekleding als 'goed' beoordeeld is. Op het gedeelte dp 39,3 - dp 31,16 echter, is de onderliggende bekleding niet beoordeeld als 'goed': de reden voor het handhaven is, dat gepenetreerde bekledingen nog niet definitief kunnen worden getoetst. Zoals besproken in § 5.5.1 is handhaving van deze (mogelijk 'onvoldoende') bekleding slechts geoorloofd als onderaan de nieuwe bekleding een extra sterke overgangsconstructie wordt aangebracht, zodat ondermijning van de nieuwe constructie door bezwijken van de onderliggende gehandhaafde bekleding voorkomen wordt.

Op het gedeelte dp 51,3 - dp 46 is de overgangsconstructie vergelijkbaar met de besproken teenconstructie: een betonband (0,50 m × 0,12 m × 1,0 m), ondersteund door azobépalen (lengte 1,50 m, h.o.h. 0,33 m) die aan elkaar zijn verbonden door een koppellat. Voor het aanbrengen van de overgangsconstructie wordt de bestaande bekleding over een breedte van 0,5 m opgenomen en herzet. De hele overgangsconstructie, inclusief de herzette basaltzulen, wordt ingegoten met asfalt. Het niveau van de bovenkant van de constructie is NAP+2 m.

Ook op het **gedeelte dp 39,3 - dp 31,16** bestaat de overgangskonstructie uit een betonband (0,50 m × 0,12 m × 1,0 m), ondersteund door azobepalen (lengte 1,50 m, h.o.h. 0,33 m) die aan elkaar zijn verbonden door een koppellat. Op dit gedeelte wordt de bovenkant van de basaltbekleding over een breedte van 1,0 à 1,5 m verwijderd en vervangen door een constructie van breuksteen met sortering 5-40 kg, gepenetreerd met asfalt, met een dikte van 0,5 m. Het niveau van de bovenkant van de constructie is NAP+3,25 m ten westen van dp 35 en NAP+2,95 m ten oosten van dp 35.

6.4 **Bekleding**

In Hoofdstuk 5 is vastgesteld dat op alle plaatsen waar de bekleding wordt vervangen, een nieuwe bekleding van betonzuilen wordt aangebracht. De bekleding bestaat uit een toplaaq van betonzuilen, daaronder een uitvullaag van granulair materiaal en daaronder een geokunststof.

6.4.1 Toplaag

In § 5.3.2 is vastgesteld wat de stelling mogelijke taludhelling is bij toepassing van de zwaarste zuil die op dit moment leverbaar is, met een dikte van 0,40 m en een soortelijke massa van 2900 kg/m³. Het resultaat is weergegeven in Tabel 5.3.

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 ongeveer 5 % steiler is (bijv. 1:3,8 in plaats van 1:4,0).
- Verder wordt uitgegaan van de zwaarste golftrandvoorwaarden 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 2 à 3 % vanwege met 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 of het zwaarst mogelijke zuiltype voldoende met betrekking tot de stabiliteit onder golfaanval. Bovendien wordt gecontroleerd of de constructie voldoende weerstand heeft tegen het bezwijkmechanisme afschuiving. Als dat wél het geval is, wordt 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/m³ 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.

- Als het zwaarst mogelijke zultype niet voldoet, wordt bepaald bij welke taludhelling het zwaarste zultype wel voldoet (zie Tabel 5.3). Voor het ontwerp wordt vervolgens de helling met ongeveer 5 % verflauwd wegens de besproken uitvoeringson Nauwkeurigheid. De invloed op de uitvulling wordt verderop besproken.

Voor een nadere beschrijving van de berekeningsmethode wordt verwezen naar Appendix A en naar het Handboek [9]. Opgemerkt wordt, dat de weerstand van de bekleding tegen het bezwijkmechanisme materiaaltransport verkregen wordt door het geokunststof dat onder de bekleding wordt aangebracht.

Het resulterende ontwerp wordt besproken voor de vijf afzonderlijke dwarsprofielen. De gebruikte invoergegevens zijn opgenomen in Bijlage 3.

Op het **gedeelte dp 54,3 - dp 51,3** is de optimale taludhelling 1:3,4. Uit ANAMOS volgt, dat alleen zuilen van 0,40 m / 2900 kg/m³ mogelijk zijn bij de zwaarste randvoorwaarden in dit vak. De marge in de soortelijke massa is in dit geval 2,6 %: dit is acceptabel. De ontwerpwaarde van de taludhelling is daarom 1:3,4 en in de boventafel worden zuilen van 0,40 m / 2900 kg/m³ toegepast. Bekeken is of het mogelijk is om in de ondertafel lichtere zuilen toe te passen. Als wordt uitgegaan van de golftrandvoorwaarden bij een waterstand van NAP+4,5 m, kan worden volstaan met zuilen van 0,35 m / 2800 kg/m³ of van 0,40 m / 2600 kg/m³ (de marge in de soortelijke massa is ruim 4 %). Het bijbehorende topniveau van de bekleding is NAP+2,3 m. In uitvoeringstechnisch opzicht heeft het de voorkeur om te werken met één zelfde zuilafmeting. Op grond daarvan wordt gekozen voor toepassing van zuilen van 0,40 m / 2600 kg/m³ onder het niveau NAP+2,3 m. Ten westen van dp 54,1, tot aan de westelijke rand op dp 54,3, worden deze lichtere zuilen niet toegepast: vanwege het hoge voorland ligt de teenconstructie op dit gedeelte op het niveau NAP+2 m. De breedte van de strook onder NAP+2,3 m is op dit gedeelte zo klein, dat het niet zinrijk is om een apart vakje met lichtere zuilen te maken. Op dit gedeelte worden de zware zuilen daarom tot aan de teenconstructie doorgetrokken.

Op het **gedeelte dp 51,3 - dp 46** is de optimale taludhelling 1:3,9. Uit ANAMOS volgt, dat de lichtst mogelijke zuil met voldoende marge 0,40 m / 2800 kg/m³ is. De ontwerpwaarde van de taludhelling is daarom 1:3,9 en er worden zuilen van 0,40 m / 2800 kg/m³ toegepast. Omdat de bekleding tot NAP+2 m wordt gehandhaafd, is het niet zinrijk om onderin de bekleding een lichtere zuil toe te passen: de breedte van de resulterende strook met een lichtere bekleding is zo klein, dat de winst op materiaalkosten niet opweegt tegen de uitvoeringstechnische moeilijkheden.

Op het **gedeelte dp 46 - dp 39,3** is de optimale taludhelling 1:3,9. Uit ANAMOS volgt, dat toepassing van het zwaarste zuiltipe bij deze helling niet mogelijk is. De minimaal benodigde taludhelling met voldoende marge is 1:4,1, zodat de ontwerpwaaarde voor de taludhelling (inclusief uitvoeringsstolerantie) 1:4,3 bedraagt. De aanvulling bij de teen die nodig is om deze taludhelling te bereiken, moet worden uitgevoerd met granulaair materiaal; de consequentie van deze flauwere helling is dan ook, dat de dikte van de granulaire uitvulling toeneemt. Om deze toename te beperken wordt onderin de bekleding, tot aan NAP+2,3 m, een steilere taludhelling toegepast, namelijk van 1:3,9. De maximale dikte van de granulaire uitvulling bedraagt 0,5 m ter plaatse van het onderste, steilere gedeelte van de bekleding en 0,35 m ter plaatse van het flauwere gedeelte. In de ANAMOS-berekeningen is uitgegaan van deze dikkere filterlagen: de bekleding blijkt ook met de dikkere uitvulling stabiel.

Op het **gedeelte dp 39,3 - dp 35** is de optimale taludhelling 1:4,0. Uit ANAMOS volgt, dat marge in de soortelijke massa alleen voldoende is bij een zuil van 0,40 m / 2900 kg/m³. De ontwerpwaaarde van de taludhelling is daarom 1:4,0 en er worden zuilen van 0,40 m / 2900 kg/m³ toegepast. Omdat de bekleding tot NAP+3,0 m wordt gehandhaafd, is het niet mogelijk om onderin de bekleding een lichtere zuil toe te passen.

Op het **gedeelte dp 35 - dp 31,16** is de optimale taludhelling 1:3,9. Uit ANAMOS volgt, dat de marge in de soortelijke massa voldoende is bij een zuil van 0,40 m / 2800 kg/m³. De ontwerpwaaarde van de taludhelling is daarom 1:3,9 en er worden zuilen van 0,40 m / 2800 kg/m³ toegepast. Omdat de bekleding tot NAP+2,7 m wordt gehandhaafd, is het niet zinnig om onderin de bekleding een lichtere zuil toe te passen: de breedte van de resulterende strook met een lichtere bekleding is zo klein, dat de winst op materiaalkosten niet opweegt tegen de uitvoeringstechnische moeilijkheden.

De gehele toplaag zal worden ingewassen met gebroken materiaal.

De gekozen zuiltypen zijn weergegeven in Tabel 6.3.

dijkvak	locatie [dp]	niveau [m+NAP]	taludhelling	zuiltipe
19c	54,6-51,3	+1,0/+2,0 tot +2,3	1:3,4	0,40 m/2600 kg/m ³
		+2,3 tot +5,5	1:3,4	0,40 m/2900 kg/m ³
19b	51,3-46	+2,0 tot +5,5	1:3,9	0,40 m/2800 kg/m ³
		+0,5 tot +2,3	1:3,9	0,40 m/2900 kg/m ³
19a	46-39,3	+2,3 tot +5,5	1:4,3	0,40 m/2900 kg/m ³
		+3,0 tot +5,5	1:4,0	0,40 m/2900 kg/m ³
20b	39,3-35	+3,0 tot +5,5	1:4,0	0,40 m/2900 kg/m ³
20a,21	35-31,16	+2,7 tot +5,5	1:3,9	0,40 m/2800 kg/m ³

Tabel 6.3: Gekozen zuiltypen

6.4.2 Uitvullaag

De granulaire uitvullaag onder de zuilen is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Uit het oogpunt van de stabiliteit en uitvoering moet het materiaal zo fijn mogelijk zijn, maar het mag niet zo fijn zijn dat het tussen de betonzuilen 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_{15} van 20 mm; hierdoor wordt een conservatieve benadering bereikt: de werkelijke waarde van de D_{15} van de gekozen sortering van 14/32 mm is ongeveer 17 mm.

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.

Zoals aangegeven in § 6.4.1 is de uitvullaag dikker op het gedeelte dp 39,3 - dp 35, omdat de taludhelling moet worden verflauwd. Voor de sortering wordt dezelfde waarde aangehouden.

6.4.3 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 toplaat heen. Maatgevend voor dit verschijnsel is de poriegrootte O_{90} . Conform de dijkvakken van 1997 wordt gekozen voor een vlies met een gegarandeerde maximum maaswijdte (O_{90}) 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}	$\leq 100 \mu\text{m}$
permitiviteit	$\leq 70 \text{ l/m}^2/\text{s}$

Tabel 6.4: Eisen geokunststof type 1

Aan de onderzijde wordt het geokunststof aangesloten op de teen- of overgangsconstructie, 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.

6.5 Overgang bovenafel-berm

De overgang van het relatief steile talud van de glooiing naar het relatief flauwe talud van de berm wordt uitgevoerd in betonzuilen. Daartoe wordt de bekleding aangebracht met een ronding, waarvan de bochtstraal (R) 10 m bedraagt. Boven de afronding wordt de bekleding nog 1 m op de berm doorgetrokken. In elk vak wordt gebruik gemaakt van het zuiltype dat in de bovenafel ligt.

6.6 Berm

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

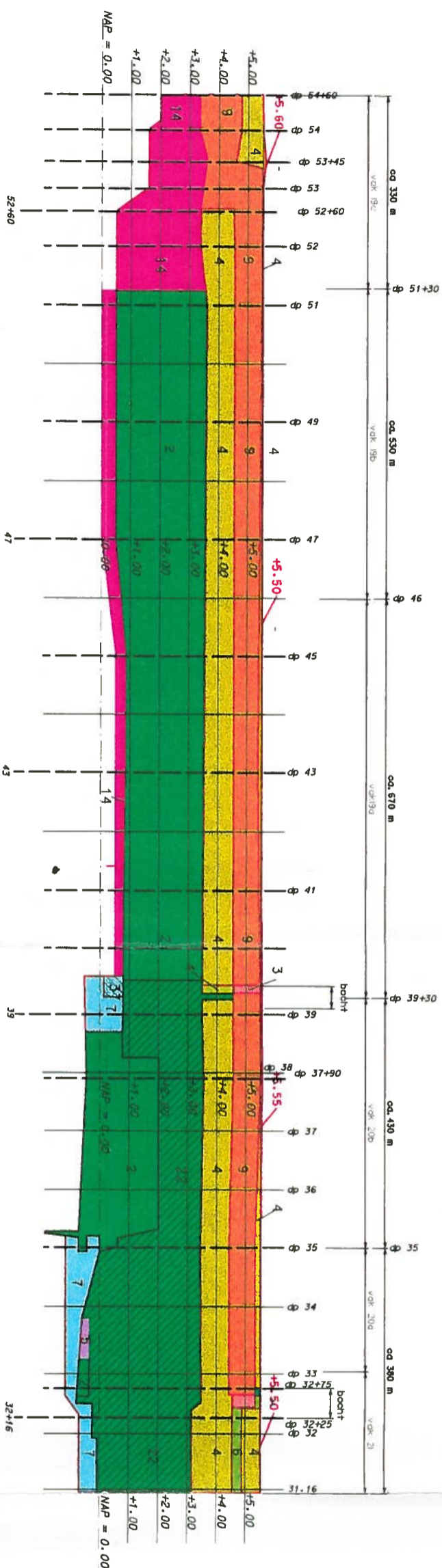
6.7 Bovenbeloop

De dimensionering wordt bepaald door de beschikbaarheid van de blokken. Dit is besproken in § 5.5.3.

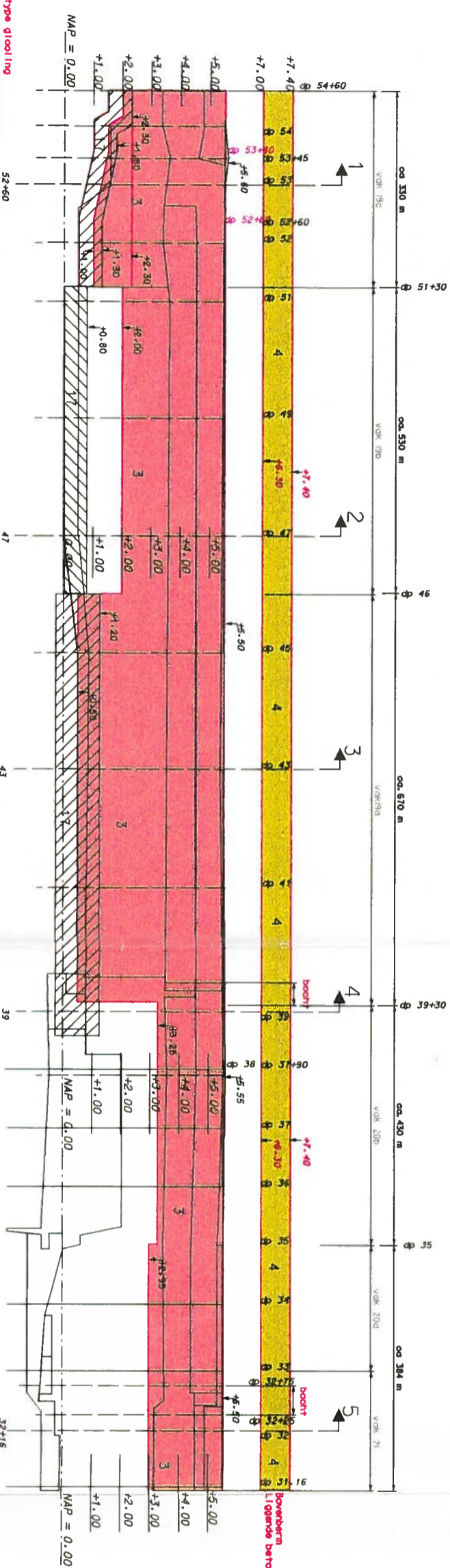
De bekleding is vooral van belang voor het gedeelte juist boven de knik tussen de berm en het bovenbeloop. Het niveau op het bovenbeloop tot waar een bekleding nodig is, is vastgesteld op het ontwerppeil 2050 (zie Tabel 3.1) plus de helft van de bijbehorende significante golfhoogte: $h_{top} = h_{2050} + \frac{1}{2}H_s$. De significante golfhoogte op het niveau NAP+5,7 m is volgens Tabel 3.2 3,35 m; het topniveau van de bekleding van betonblokken is dus NAP+7,4 m. Vanaf de knik tussen berm en bovenbeloop is dit ongeveer 1 m in verticale richting. De bekleding van het bovenbeloop moet worden ondersteund. Hiertoe worden twee rijen liggende blokken aangebracht op de berm, tegen de knik aan.

FIGUREN

Figuur 1:	Locatie projectgebied
Figuur 2:	Algemene dwarsprofielen
Figuur 3a:	Glooiingskaart huidige situatie
Figuur 3b:	Eindbeoordeling toetsing
Figuur 4:	Glooiingskaart ontwerp
Figuur 5:	Dwarsprofiel 1: vak 19c
Figuur 6:	Dwarsprofiel 2: vak 19b
Figuur 7:	Dwarsprofiel 3: vak 19a
Figuur 8:	Dwarsprofiel 4: vak 20b
Figuur 9:	Dwarsprofiel 5: vak 20a, 21



- Huidige situatie
- Legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 dijkboordblokken
 - 6 doorgruisstenen
 - 7 doorrijke steen
 - 8 poole graniet
 - 9 hardingamblokken
 - 10 hydroblokken
 - 11 koperblokken
 - 12 lessinische steen
 - 13 porfiet graniet
 - 14 viltvoerde steen
 - 15 granietblokken
 - 22 basalt ingegoten met asfalt
 - 37 ingegoten met beton



- Legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 dijkboordblokken
 - 6 doorgruisstenen
 - 7 doorrijke steen
 - 8 poole graniet
 - 9 hardingamblokken
 - 10 hydroblokken
 - 11 koperblokken
 - 12 lessinische steen
 - 13 porfiet graniet
 - 14 viltvoerde steen
 - 15 granietblokken
 - 16 onbekend
 - 17 bestorting
 - 18 blokken op z'n kant
 - 19 betonzuilen ECO

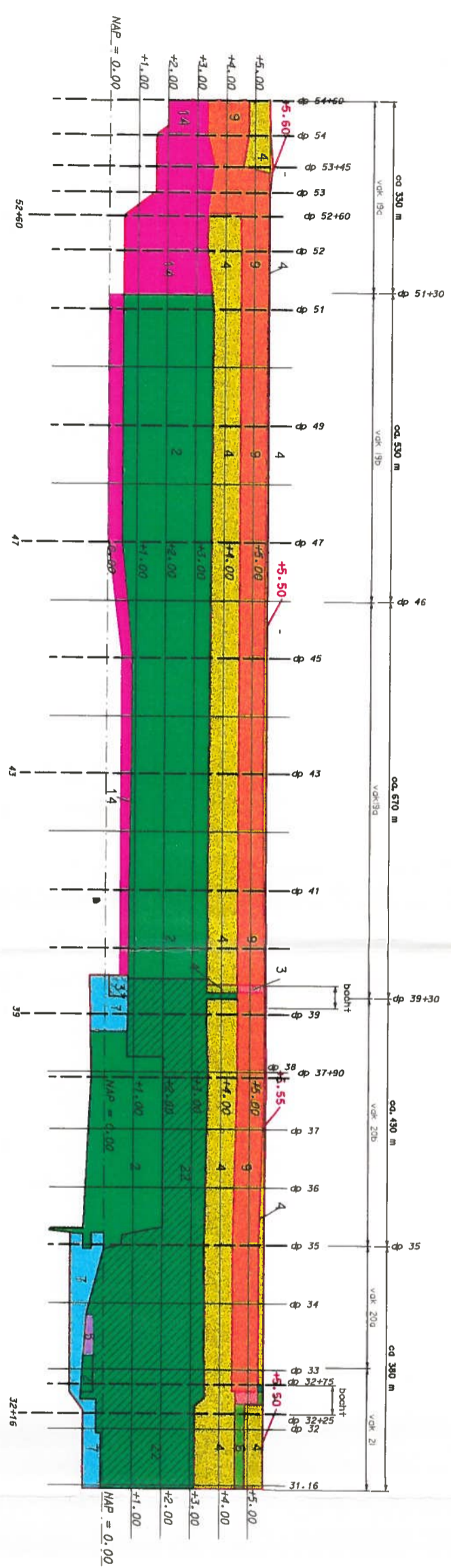
Figuur 4
Glooiingskaart
ontwerp

gekozen type glooiing	boven	onder
	Zuil 0-40 / 2900	Zuil 0-40 / 2500
	Zuil 0-40 / 2800	Zuil 0-40 / 2500
	Zuil 0-40 / 2500	Zuil 0-40 / 2800
	Zuil 0-40 / 2900	Zuil 0-40 / 2800

teer/overgangstructuur	teer	teer	teer/overgangstructuur
krakaliberm	50-300 kg. br. 5.00. dik 0.80	60-300 kg. breed 5.00. dik 0.80	300-1000 kg breed 10.00. dik 1.20

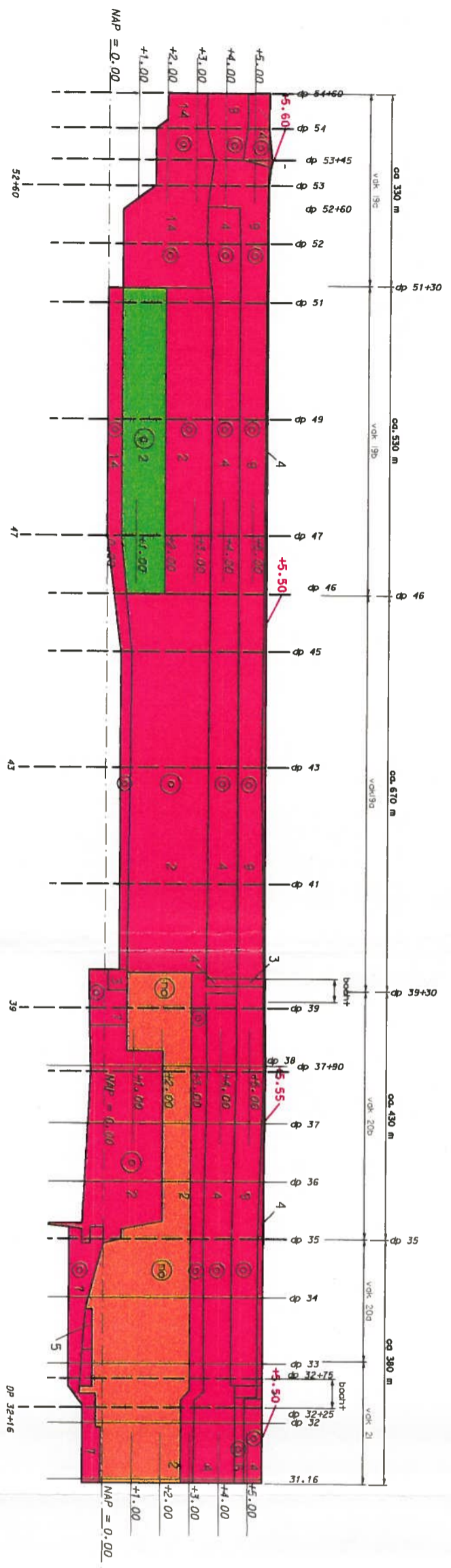
Borsselepoolder - west

Figuur 3A
Glooiingskaart + huidige
situatie



- legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 dijkwalblokken
 - 6 doorgrasstenen
 - 7 doornikse steen
 - 8 pools graniet
 - 9 haringemblokken
 - 10 hydroblokken
 - 11 koperblokken
 - 12 leistische steen
 - 13 petite graniet
 - 14 viivordse steen
 - 15 granieblokken
 - 22 basalt ingegoten met asfalt
 - 37 ingegoten met beton

Figuur 3B
Eindebeoordeling
toetsing



- legenda
- 9 goed
 - voitdoende
 - no rnder onderzoek
 - o onvol doende



Figuur 1: Locatie projectgebied

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] Geavanceerde toetsing vak 19 bij Borsselse, Waterlopkundig Laboratorium, Delft, 10 november 1997 / Geavanceerde toetsing, Projectbureau Zeeweringen-Werkgroep Kennis (Johanson), 17 december 1997
- [9] Rapport 155, Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen, CUR Gouda, maart 1992
- [10] Taludbekledingen van gezette steen, Vernieuwd Black-Box model, Waterlopkundig Laboratorium, kenmerk H1770, Delft, april 1994

BIJLAGEN

- Bijlage 1: Berekeningsresultaten toetsing
- Bijlage 2: Berekeningsresultaten keuze bekleeding
- Bijlage 3: Berekeningsresultaten ontwerp

BIJLAGE 1: BEREKENINGSRESULTATEN TOETSING

- Doornikse bloksteen, vak 21 en 20a
- Basalt, vak 19b
- Basalt, vak 19a
- Basalt, vak 20b
- Vijlvordse steen, vak 19c
- Betonblokken, vak 19c
- Betonblokken, vak 19b
- Betonblokken, vak 19a
- Betonblokken, vak 20b
- Betonblokken, vak 21 en 20a

BILAGE 2: BEREKENINGRESULTATEN KEUZE BEKLEDING

- Toepasbaarheid betonzuilen
- Toepasbaarheid gekantelde betonblokken

Bijlage 2: Keuze bekleding: toepasbaarheid betonzuilen

De stielist mogelijke taludhelling bij toepassing van de zwaarst mogelijke betonzuilen onder de zwaarste randvoorwaarden is per vak bepaald. De volgende ANAMOS-berekeningen zijn de berekeningen met de stielist mogelijke helling.

INVOEREGEVENENS

PARAMETER / BEREKENING	vak 19c/19b dp 54,6-46	vak 19a dp 46-39,3	vak 20b dp 39,3-35	vak 20a/21 dp 35-31,16
Golven				
Hs [m]	2,7	3,4	3,4	2,9
Tp [s]	8,2	8,2	7,5	7,5
h1 [m]	6,0	6,0	6,0	6,0
Talud				
col(α) [-]	3,2	4,1	3,7	3,2
ft [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
h2 [m]	0,0	0,0	0,0	0,0
h3 [m]	6,0	6,0	6,0	6,0
Constructietype				
niet ingewassen zuilen				
filter				
geotextiel				
basis				
Zuilen				
Az [m ²]	0,09	0,09	0,09	0,09
Azo [%]	10	10	10	10
Dz [m]	0,40	0,40	0,40	0,40
sm [kg/m ³]	2825	2825	2825	2825
twz [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
Filter				
b [m]	0,15	0,15	0,15	0,15
D15 [mm]	20	20	20	20
n [-]	0,35	0,35	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag	vak 19c/19b dp 54,6-46	vak 19a dp 46-39,3	vak 20b dp 39,3-35	vak 20a/21 dp 35-31,16
conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel

N.B.: de grenzen van toepasbaarheid worden bij dit bekledingstype bepaald door de toepasbaarheidsgrens van ANAMOS en niet door de ANAMOS-berekeningen zelf (zie Appendix A).

Bijlage 2: Keuze bekleding: toepasbaarheid gekantelde betonblokken

De niveaus tot waar gekantelde blokken kunnen worden toegepast zijn bepaald. Voor het gedeelte dp 46 - dp 31,16 is gebleken dat toepassing nergens mogelijk is. De volgende ANAMOS-berekeningen zijn de berekeningen met de hoogst mogelijke niveaus in de vakken 19c en 19b voor de drie beschikbare bloktypen.

INVOEREGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	b=0,20	b=0,25
Golven		
H _s [m]	1,68	1,45
T _p [s]	7,33	7,15
h1 [m]	3,5	3,0
Talud		
cot(α) [-]	3,4	3,4
ft [-]	0,5	0,5
h2 [m]	0,0	0,0
h3 [m]	6,0	6,0
Constructietype		
niet ingewassen dichte blokken		
filter		
geotextiel		
basis		
Blokken		
B [m]	0,20	0,25
L [m]	0,50	0,50
D [m]	0,50	0,50
s [mm]	1	1
sm [kg/m ³]	2300	2300
mwz [-]	0,5	0,5
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D15 [mm]	5	5
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag	b=0,20	b=0,25
conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel

N.B.: uit deze ANAMOS-berekeningen volgt de hoogste waterstand met bijbehorende golfbrandvoorwaarden waarbij de blokken kunnen worden toegepast. Het bijbehorende maximale tophoogte van de bekleding (zoals opgenomen in Tabel 5.4) volgt uit een berekening van de afstand y_s tussen waterstand en zwaarst belaste locatie.

BILAGE 3: BEREKENINGSRISULTATEN ONTWERP

- Toplaag kreukelberm
- Toplaag bekleding
 - vak 19c
 - vak 19b
 - vak 19a
 - vak 20b
- vak 21 en 20a

Bijlage 3: Ontwerp top laag 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. Zowel voor de bepaling van de golfrandvoorwaarden als voor de berekening met BREAKWAT is uitgegaan van een conservatieve inschatting van de taludhelling, namelijk 1:7.

INVOERGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	vak 19c en 19b	vak 19a
BEPALING WATERSTAND		
Invoer		
topniveau [m+NAP]	2,0	1,2
cot(α) [-]	7,0	7,0
golfrandvoorwaarden	Tabel 3.2	Tabel 3.2
Uitvoer		
W_s [m+NAP]	3,0	3,0
BEPALING STEENAFMETINGEN		
Invoer		
H_s [m]	1,45	2,9
S [-]	3	3
T_m [s]	5,36	5,36
N [-]	5000	5000
ρ-steen [kg/m ³]	2650	2650
ρ-water [kg/m ³]	1025	1025
cot(α) [-]	7,0	7,0
P [-]	0,1	0,1
$H_{2\%}/H_s$ [-]	1,4	1,4
Uitvoer		
M_{50} [kg]	140	662

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 vak 19c en 19b moet worden gekozen voor de sortering 60-300 kg; voor vak 19a moet worden gekozen voor de sortering 300-1000 kg.

Bijlage 3: Berekeningsresultaten ontwerp toplaag bekleding

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 [9]. 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 toplaaag 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 toplaaag 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.

Bij toetsing van de **stabiliteit van de topklaag 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 [10]. 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 fysieke weergave van de werkelijkheid weer, waarbij onder meer de doorlatendheid van topklaag en filterklaag een rol spelen. Als deze toetsing nog niet tot een eindresultaat leidt, volgt *geavanceerde toetsing*. Daarbij wordt een eendoordeel 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:

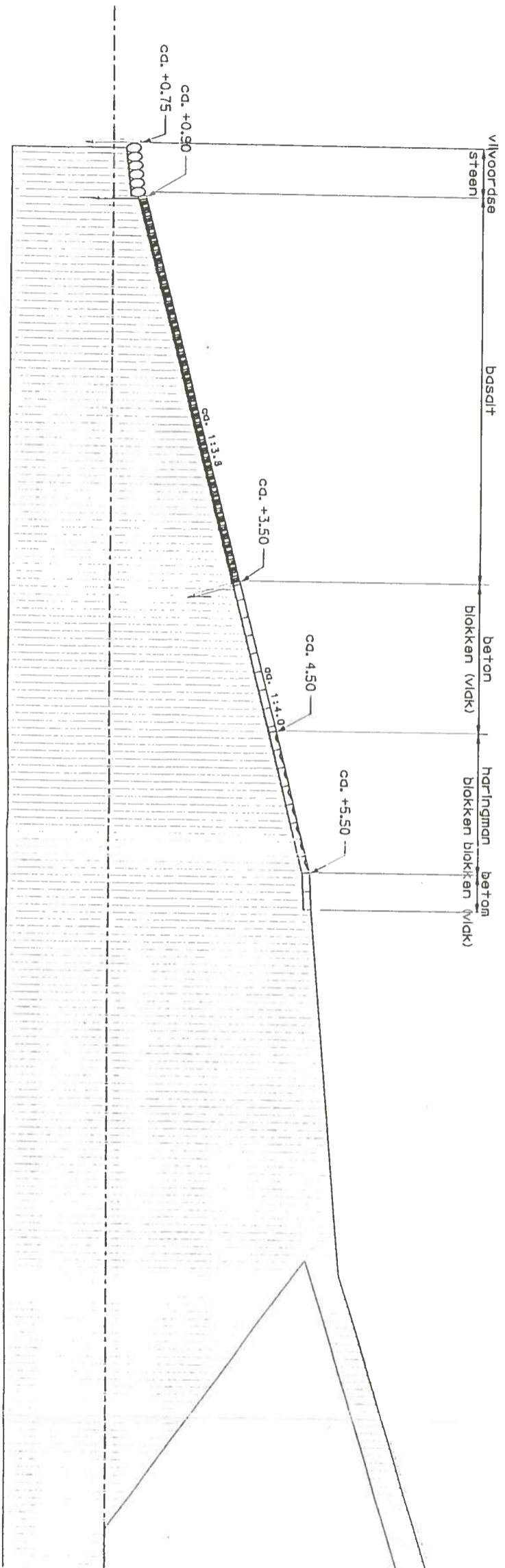
- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteitsverlies onder golfaanval.

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.

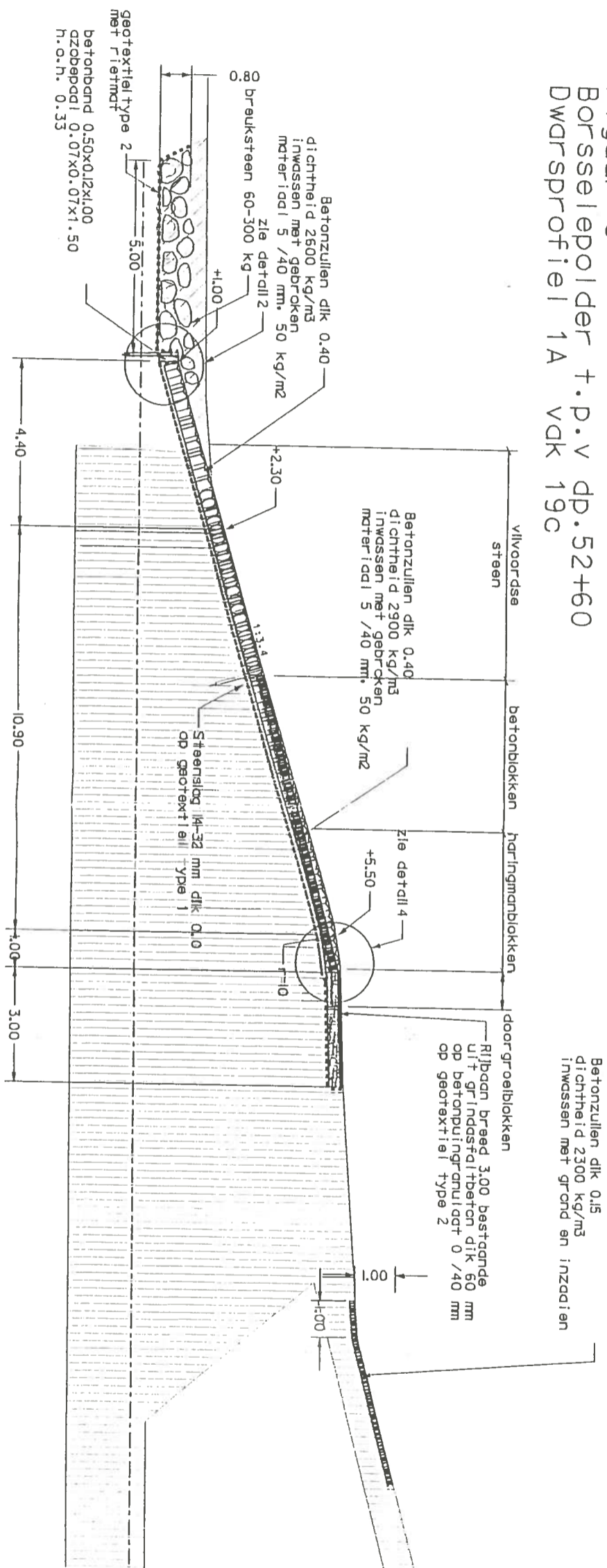
De weerstand tegen **materiaaltransport** wordt in de ontwerpen verzorgd door het geokunststof (type 1) dat onder topklaag en uitvullaag wordt aangebracht. De eisen die aan dit geokunststof worden gesteld, zijn gebaseerd op dit aspect. Voor alle ontwerpen wordt gebruik gemaakt van één zelfde geokunststof.

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

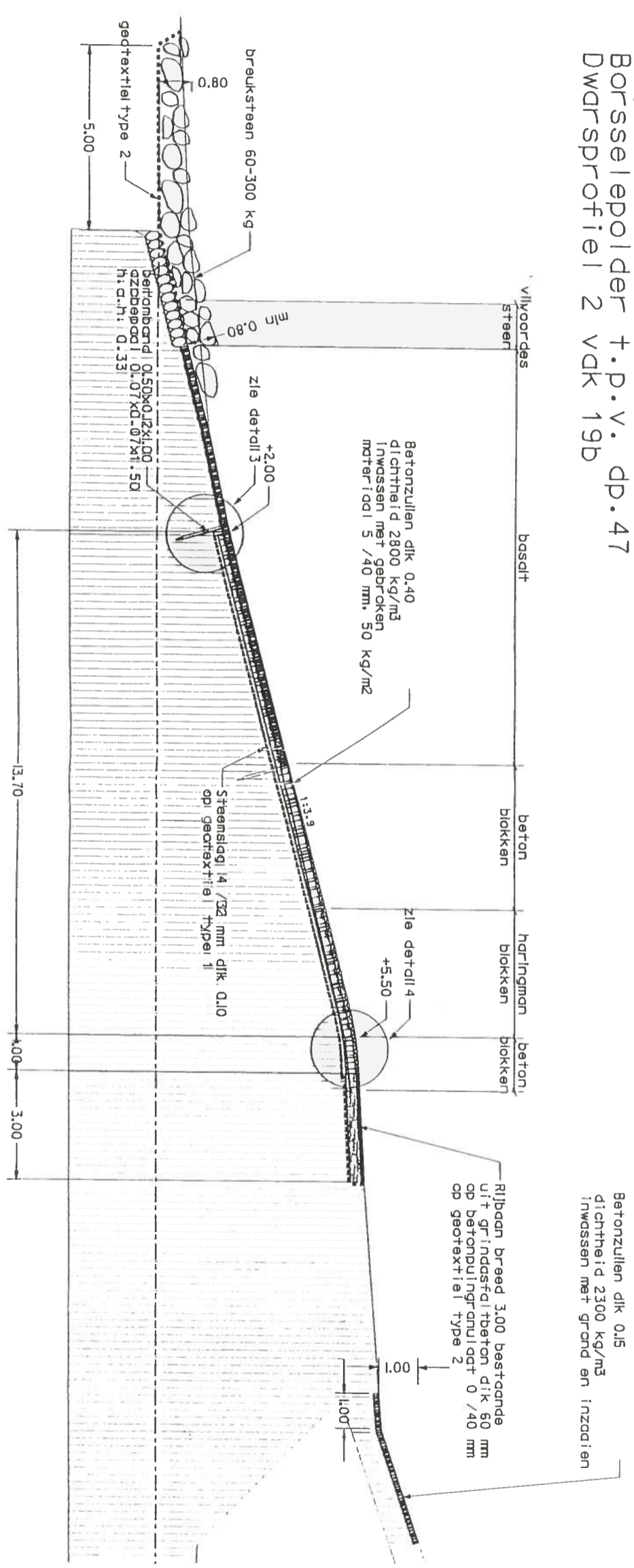
Figuur 2
Bestaande situatie



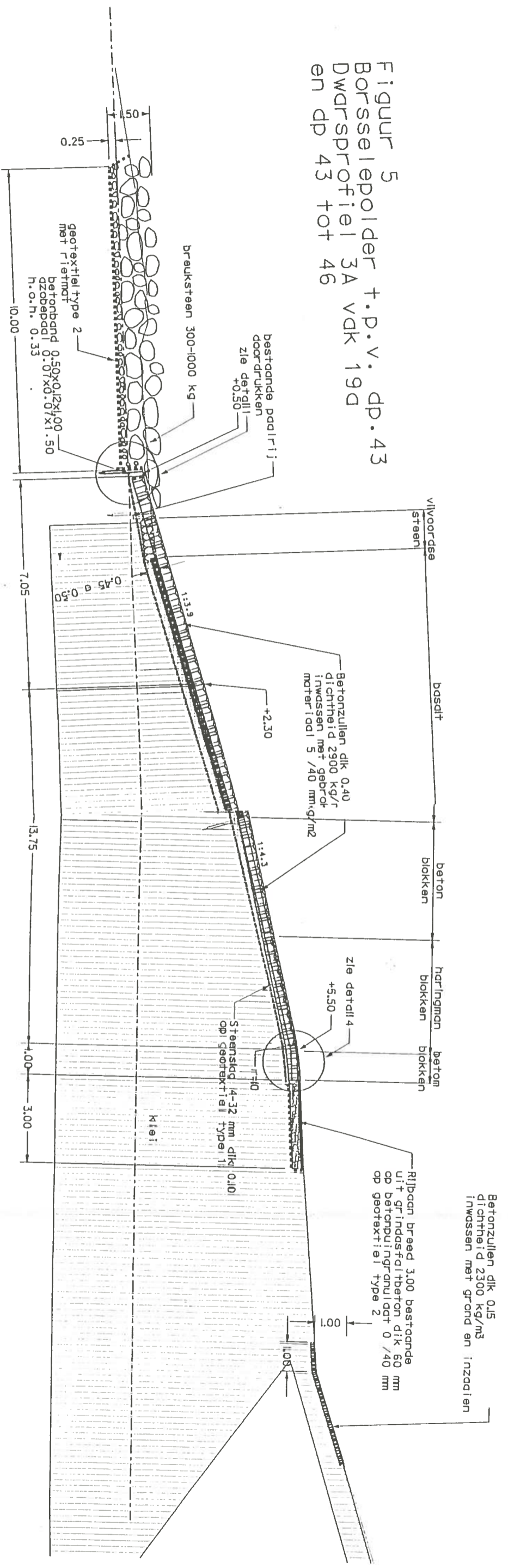
Figuur 3
 Borsselepolder t.p.v dp. 52+60
 Dwarsprofiel 1A vdk 19c



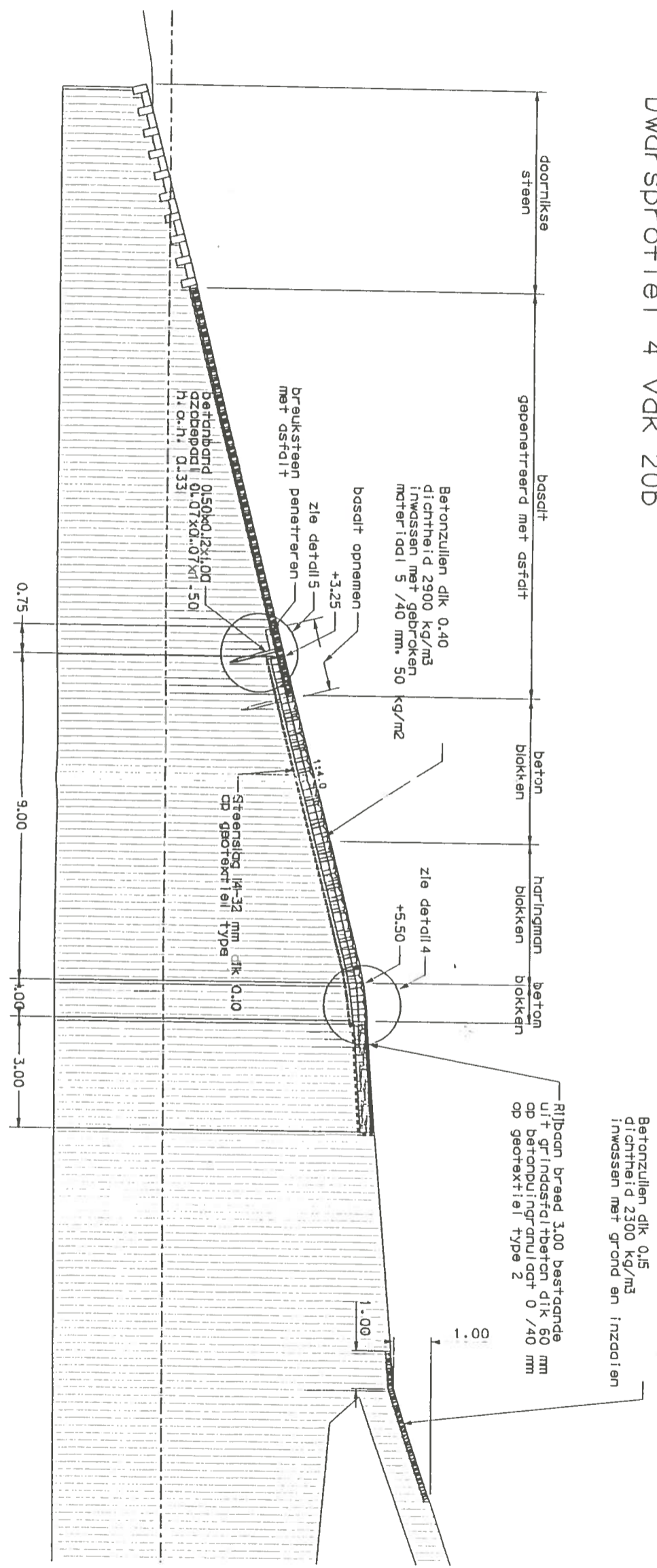
Figuur 4
 Borsselepolder t.p.v. dp. 47
 Dwarssprofiel 2 vdk 19b



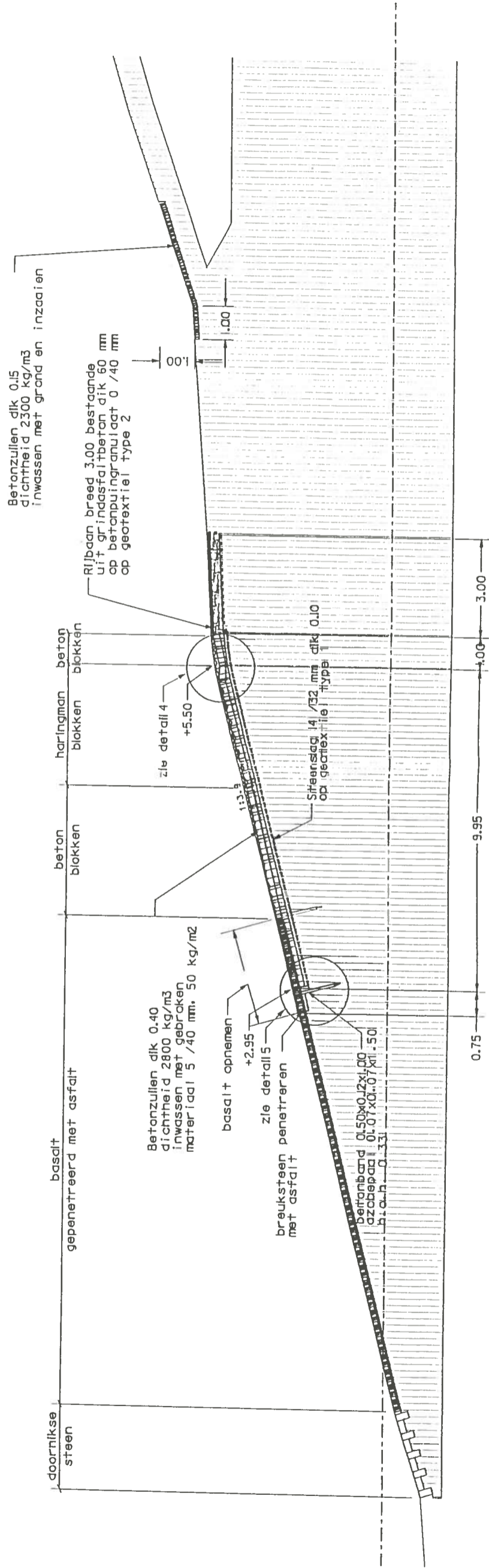
Figuur 5
 Borsselepoolder t.p.v. dp. 43
 Dwarsprofiel 3A vdk 19d
 en dp 43 tot 46

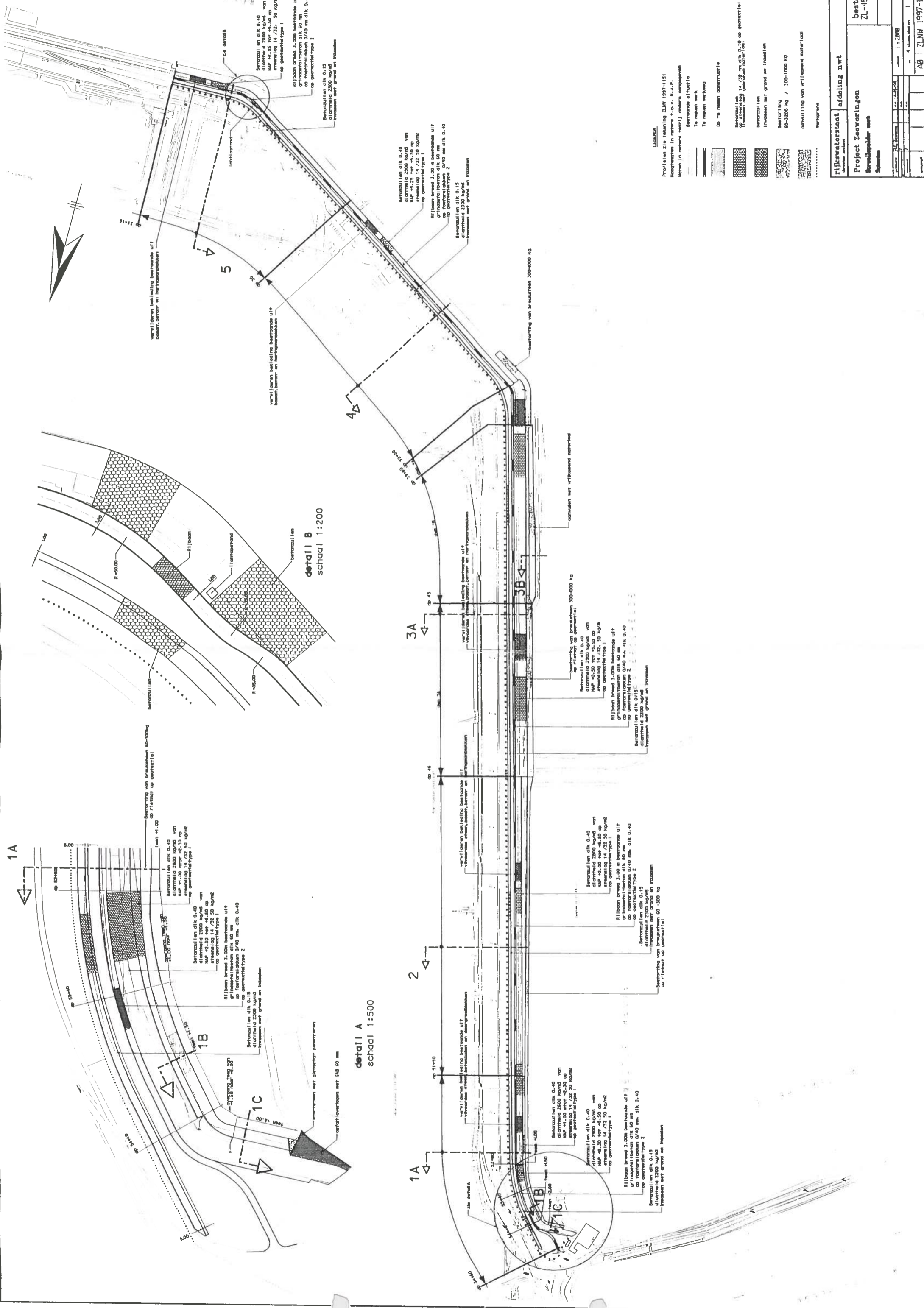


Figuur 6
 Borsselepoolder t.p.v. dp. 39
 Dwarsprofiel 4 vdk 20b



Figuur 7
 Borsselepolder t.p.v. dp.32+75
 Dwarsprofiel 5 vak 20a en 21





LEGENDA

- Profielen zie tekening ZLW 1997-1151
- Hoogtepunten in meters t.o.v. N.A.P.
- Wetten in meters tenzij anders aangegeven
- Betonsituatie
- Te maken werk
- Op te ruimen constructie
- Betonstaven
- Reinigen met grond en trassalen
- Betonstaven
- Reinigen met grond en trassalen
- 50-1000 kg / 300-1000 kg
- aanvulling van verlijmsand materiaal
- betongraaf

Rijkswaterstaat afdeling rwt	
Project Zeeeringen	
Bestek ZL-4570	
Bouwvoorbereiding	
1	1:2000
2	1:1000
3	1:500
4	1:250
5	1:100
6	1:50
7	1:25
8	1:10
9	1:5
10	1:2
11	1:1
12	1:0,5
13	1:0,25
14	1:0,125
15	1:0,0625
16	1:0,03125
17	1:0,015625
18	1:0,0078125
19	1:0,00390625
20	1:0,001953125

detail A
schaal 1:500

detail B
schaal 1:200

detail C
schaal 1:500