ontw PZDT - P-99157

PLAN VOOR AANLEG EN MONITORING PROEFVAKKEN MET KLEI ALS TALUDBEKLEDING

Koningin Emmapolder en Van Alsteinpolder

Rapport: K-99-03-25

Versie: 4

Datum: maart 1999

Opdrachtgever: Projectbureau Zeeweringen

		Naam	Paraaf en datum
Uitgevoerd door:	Dienst Weg- en Waterbouwkunde	R. J. G. van Etten	22/3 '99
Akkoord:	Werkgroep Kennis	A. P. de Looff	22/3/99.
Geaccepteerd:	Projectbureau Zeeweringen	P. Hengst	23-3-99

INHOUDSOPGAVE **Blz**

Bijlagen:

1. Inleiding.

Een groot deel van de Nederlandse zeedijken wordt aan de zeezijde beschermd tegen golven door een glooiing met een toplaag van zetsteen. Deze bekledingen zijn in het verleden grotendeels ontworpen op basis van ervaring. Sinds 1983 wordt door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) onderzoek verricht naar de sterkte van deze gezette steenbekledingen. Op grond van dit onderzoek is voor de Leidraad Toetsen op Veiligheid in 1996 een aantal toetsingsregels opgesteld. Uit een vervolgonderzoek op basis van deze toetsingsregels is gebleken dat de huidige steenbekledingen op een groot deel van de zeedijken niet voldoen aan de normen.

Om dit probleem op te lossen is het Project Zeeweringen opgestart. Binnen de projectorganisatie werken Rijkswaterstaat, de Zeeuwse Waterschappen en de Provincie Zeeland samen. De taak van het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) is het verbeteren van de met steen beklede onderdelen van het buitentalud van de zeedijken in Zeeland op de plaatsen waar dat nodig is. Daarbij worden de zeedijken langs de Westerschelde als eerste aangepakt.

Vraagstelling.

Vanuit het PBZ is er behoefte om in relatie tot de toekomstig uit te voeren verbeteringswerken een aantal mogelijke constructie-varianten in de praktijk te onderzoeken. Eén van de alternatieven van bekledingen die met name bij hooggelegen voorland toepasbaar lijkt, is een kleipakket van voldoende dikte en kwaliteit welke voldoet aan de gestelde veiligheidseisen. In tegenstelling tot een groene dijk wordt bij deze constructie geen eisen gesteld aan de vegetatie ten aanzien van erosiebestendigheid. Tevens wordt ervan uitgegaan dat de toplaag van de klei boven de hoogwaterlijn binnen enige jaren door weersinvloeden en begroeiing uiteen valt. Dit wordt structuur- of bodemvorming genoemd en neemt af met de diepte. Deze toplaag zal dan ook tijdens een storm snel eroderen, maar eventuele volgende stormen in hetzelfde seizoen zullen echter weinig schade aanrichten. Gezien het ontbreken van ervaring met dit soort constructies, is het plan om dit in een tweetal vakken te demonstreren. Het belangrijkste verschil tussen beide proefvakken heeft betrekking op het al dan niet voorkomen van veek, hetgeen van invloed zal zijn op het erosieproces.

Doelstelling.

De belangrijkste doelstellingen voor het aanleggen van de proefvakken zijn:
- het opdoen van ervaring bij aanleg en het beheer
- het vaststellen van erosieschade en de onderhoudskosten op langere termijn
- als voorbeeldproject hetgeen moet bijdrage om deze bekledingsvorm op grotere schaal toe te passen

Het opdoen van ervaring bij aanleg heeft met name betrekking op het verkrijgen van goede erosiebestendige klei, de verdichting en de aanlegkosten. De ervaring met betrekking tot het beheer zal voornamelijk gericht zijn op de ontwikkeling van erosie direct na aanleg en op die plaatsen waar veel veek voorkomt. Op deze plaatsen zal namelijk geen goede grasmat ontstaan waardoor de erosie bij regelmatig voorkomende waterstanden groter zal zijn dan wanneer zich wel een goede grasmat kan ontwikkelen. Gezien het plan om het gehele dijkvak waarin beide proefvakken zijn gelegen rond 2003 te verbeteren, is het van belang dat voordien t.a.v de hiervoor genoemde aspecten voldoende inzicht is verkregen om tot besluitvorming over te kunnen gaan.

Voor het vaststellen van erosieschade en de onderhoudskosten op langere termijn is het van belang dat tijdens de monitoringsperiode een aantal maal een zwaardere belasting (golven en hogere waterstanden) is opgetreden dan welke regelmatig (jaarlijks) voorkomen. Dit houdt in dat tijdens de monitoringsperiode tenminste 5 maal een waterstand boven de NAP+4,00 m, gemeten op of nabij de locaties, is opgetreden. Gezien de kans op voorkomen zal de monitoringsperiode tenminste tot het jaar 2010 moeten worden voortgezet.

Voor wat betreft het doel om beide vakken als voorbeeldproject aan te leggen is het van belang dat door middel van publicaties en rapportages de resultaten inzichtelijk aan dijkontwerpers en dijkbeheerders wordt bekend gemaakt.

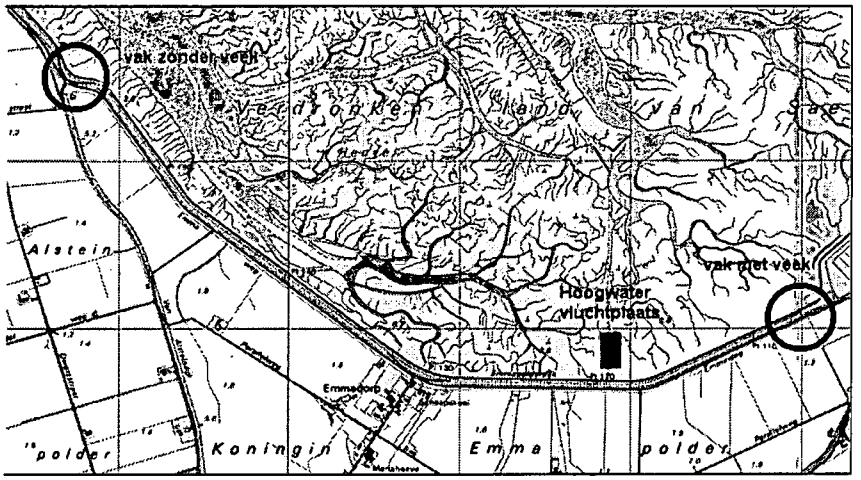
In eerste instantie was het de bedoeling om de vakken nog in 1998 te doen aanleggen. Om verschillende redenen kon dit echter niet worden gehaald. Momenteel wordt er naar gestreefd om met de uitvoering op 1 juli 1999 te starten.

Het PBZ heeft via de werkgroep Kennis aan de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) gevraagd een plan te maken, met betrekking tot de aanleg en de monitoring. De resultaten van dit plan, waarvan verschillende aspecten al in eerdere notities en versies aan PBZ werden gerapporteerd, zijn in dit rapport samengevat. In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie beschreven, waarna in hoofdstuk 3 de randvoorwaarden en de uitgangspunten met betrekking tot de aanleg zijn opgenomen. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de hydraulische belastingen welke kunnen optreden en in hoofdstuk 5 de overige belastingen zoals graverij door muskusratten en beweiding door vee. Vooruitlopend op het ontwerp in hoofdstuk 7, wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op onder andere de eisen welke aan de klei dienen te worden gesteld en in hoofdstuk 8 op de vegetatie en het onderhoud. Hoofdstuk 9 is geheel gewijd aan de monitoring zowel in de voorbereidingsfase, tijdens de uitvoering en na aanleg.

2. De huidige situatie

2.1 De locatie van de vakken

De twee demonstratievakken maken deel uit van de dijk langs de Koningin Emmapolder (dijkpaal 105 t/m 108) en de Van Alsteinpolder (dijkpaal 156 t/m 159), zie figuur 1.1. De vakken hebben ieder een lengte van circa 300 m. De verschillen tussen de twee locaties hebben betrekking op de te verwachten ontwikkeling van de vegetatie. Op de locatie in de Koningin Emmapolder (foto 1, bijlage F1) komt zeer veel veek voor, zodat de vegetatie plaatselijk niet in voldoende mate tot ontwikkeling zal komen. Alhoewel de vegetatie niet van invloed is op de veiligheid, kan dit wel van invloed zijn op het erosieproces. Op de andere locatie (foto 2, bijlage F1) zal naar verwachting wel een gesloten vegetatie kunnen ontstaan en dient daarom als referentievak. Het dijkvak waarop de demonstratievakken worden aangelegd grenst over de gehele lengte aan buitendijks gelegen land, namelijk het Verdronken Land Van Saeftinge. Bij de keuze m.b.t. de ligging van beide locaties, heeft het argument "een minimale verstoring van het landschap" een belangrijke rol gespeeld. Het beheer van de dijk berust bij het Waterschap Hulster Ambacht.



Figuur 1.1

2.2 Het Verdronken Land van Saeftinge

Langs het dijkvak ligt aan de **buitendijkse zijde** een belangrijk schorgebied 'Het Verdronken Land van Saeftinge'. Dit natuurgebied is op grond van de Natuurbeschermingswet als een beschermd natuurmonument aangewezen. Het beheer van dit gebied berust bij 'Het Zeeuws Landschap'. In de lage natte delen van het gebied komen voornamelijk slijkgras, zeebies en riet voor. Op de hogere delen groeien vooral schorrezoutgras, kweldergras en zeeaster. De schorren worden begraasd door runderen. In de winter overwinteren in het gebied tienduizenden ganzen en eenden. In het oostelijk deel met uitgestrekte rietvelden broeden vogels als de waterral, het blauwborstje en de bruine kiekendief.

2.3 Het profiel van de dijk

Het buitendijks gelegen natuurgebied ligt min of meer op dezelfde hoogte als het gemiddeld hoogwater en sluit direct aan op het buitentalud met een helling van 1:4, zie bijlage 1. Het buitentalud is beneden een hoogte van NAP+3,75 m verdedigd met betonblokken van 0,5x0,5x0,15 m op klei, welke aan de teen (circa 0,5 m beneden MV) door een betonband en een rij perkoenpalen is opgesloten. Boven de betonblokken wordt het talud verdedigd door een grasmat. Op een hoogte tussen NAP+6,25 m en NAP+6,75 m ligt een ongeveer 7,5 m brede

buitenberm. Volgens de tekeningen uit 1982 gemaakt voor de verbetering van deze dijk, bestaat de kern uit zand met een 0,8 m dikke afdeklaag van klei. In juni 1998 zijn ter plaatse van beide vakken nieuwe dwarsprofielen gemeten, zie hoofdstuk 9.2.

2.4 De natuurwaarde op het buitentalud

Volgens een in 1997 gehouden milieu-inventarisatie [13] komen boven de gemiddelde hoogwaterlijn 1 tot 3 soorten zoutplanten voor. Geen van deze soorten staat op de zogenaamde Rode Lijst. De Rode Lijst bevat o.a. de plantensoorten in Nederland die speciale aandacht behoeven teneinde hun voorkomen in ons land veilig te stellen.

Door PBZ (zie kenmerk PZDT-B-98584) is inmiddels aan RIKZ gevraagd om een aanvullende inventarisatie m.b.t. tot de soorten welke momenteel op het buitentalud voorkomen. Dit is van belang om te zien welke soorten na vervanging van de blokken door klei tot ontwikkeling komen en welke meerwaarde dit oplevert. Bij het definitief maken van het onderhavige rapport was deze informatie nog niet beschikbaar.

3. Randvoorwaarden en uitgangspunten m.b.t. aanleg

3.1 Veiligheid

De sterkte van de bekleding van de dijk moet voldoen aan bepaalde normen om te zorgen dat de dijk voldoende veiligheid biedt. De huidige bekleding van de dijk is getoetst aan de hand van regels die zijn opgenomen in de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV). Uit de toetsing is gebleken dat de bekleding op het buitentalud, bestaande uit betonblokken op klei en de er boven gelegen grasmat tot aan de buitenberm, niet voldoet aan de normen en daarom moet worden aangepast.

Er is wettelijk vastgelegd dat de dijk sterk genoeg moet zijn om niet te bezwijken tot aan de fysieke omstandigheden die een kans van voorkomen van 1/4000 per jaar hebben. De bekleding van het buitentalud maakt onderdeel uit van de dijk, zodat deze veiligheidsnorm ook hiervoor geldt. Bovenstaande fysieke omstandigheden kunnen per dijkvak worden vertaald in een combinatie van een golfhoogte (H_s) en een golfperiode (T_p), horend bij een bepaalde waterstand. De golfhoogte en de golfperiode, bij elkaar de golfbelasting genoemd, zijn bepalend voor de sterkte die de dijkbekleding moet krijgen.

3.2 Natuurwaarden

Zowel bij het ontwerp als bij de uitvoering dient zoveel mogelijk rekening te worden gehouden met het buitendijks gelegen natuurgebied en dienen de voorschriften uit de vergunning op grond van de Natuurbeschermingswet in acht genomen te worden.

Potentiële natuurwaarde buitentalud

Het buitentalud dat boven gemiddeld hoogwater ligt, heeft de potentie voor het bereiken van een hogere natuurwaarde. Bovendien wordt het dijkvak technisch geschikt geacht voor het aanleggen van een zogenaamde 'groene dijk' of een zogenaamde 'kleidijk'. Bij een groene- of een kleidijk ontbreekt een harde bekleding, welke doorgaans bestaat uit betonzuilen, betonblokken of natuursteen. Voor zowel een groene- als een kleidijk bestaat de bekleding van de dijk (het buitentalud) uit een dik kleipakket. Bij een groene dijk maakt een soortenrijke vegetatie met een goede doorworteling onderdeel uit van de veiligheid. Bij een kleidijk is het kale kleipakket op zich in staat om voor de veiligheid te zorgen. Eventuele vegetatie op de kleibekleding is een afgeleide maar geen doel op zich.

Ruimtebeslag buitendijks natuurgebied

Omdat de huidige teenconstructie circa 0,5 m beneden het maaiveld ligt, is enige verstoring van het buitendijkse gebied onoverkomelijk. Daarnaast kan niet worden uitgesloten dat een verflauwing van het talud noodzakelijk is. Dit om de golfbelasting onder maatgevende omstandigheden te verminderen. Met het oog op zoveel mogelijk behoud van schorgebied moet er naar worden gestreefd om het ruimtebeslag op het buitendijks gelegen natuurgebied zo klein mogelijk te houden.

Periode van uitvoering

Met betrekking tot het tijstip van uitvoering is het volgende bepaald. In de periode dat de watervogels in het gebied overwinteren en in het broedseizoen mogen geen werkzaamheden worden verricht. In verband hiermee dient de aanleg van de vakken in de periode van 1 juli tot half september plaats te vinden. Daarnaast dient men ook rekening te houden met het gesloten seizoen voor waterkeringen, waarin geen werkzaamheden aan de dijk mogen worden uitgevoerd (1 oktober tot 1 april). In dit geval valt deze periode binnen de periode welke uit het oogpunt van natuur als gesloten wordt beschouwd.

3.3 Monitoringsperiode

Gezien het tijdspad waarin de verbeteringswerken in Zeeland worden uitgevoerd, is het noodzakelijk om al na enkele stormseizoenen te beoordelen of een dergelijke constructie qua aanleg en erosie op plaatsen waar veel veek voorkomt acceptabel is of niet. Het ligt namelijk in de bedoeling om rond 2003 het gehele dijkvak langs het Verdronken Land van Saeftinge te verbeteren, waarbij in het jaar daarvoor een keuze moet worden gemaakt tussen een geheel harde (stenen) bekleding of een meer natuurlijke bekleding bestaande uit klei. Omdat de periode tot 2003 erg kort is om een goed beeld te krijgen over het erosieproces ten gevolge van een belasting (waterstand en golfhoogte) groter dan welke jaarlijks zal optreden en de daaruit voortkomende onderhoudskosten, is een langere monitoringsperiode noodzakelijk. Rekening houdende met zowel de kans van voorkomen van een bepaalde waterstand (zie hoofdstuk 4) en de schadeverwachting (zie hoofdstuk 7), zal de monitoring tenminste tot 2010 moet worden voortgezet. In deze periode is het noodzakelijk dat tenminste 5 maal een waterstand boven de NAP+4,00 m wordt bereikt, hetgeen naar verwachting ook tot de mogelijkheden behoort.

3.4 Hergebruik materialen

Tijdens uitvoering hergebruik van klei en zand

Voor wat betreft het hergebruik van materialen, dient te worden overwogen of de huidige kleilaag van circa 0,8 m dikte deels als vegetatielaag op de erosiebestendige kleilaag kan worden aangebracht. Achterliggende gedachte hierbij is, dat de bovenste laag door weersinvloeden en begroeiing binnen enige jaren toch zijn erosiebestendigheid zal verliezen, terwijl daarnaast het terugbrengen van de gebiedseigen klei voor eventuele vegetatieontwikkeling waardevol is.

Tijdens de uitwerking van het ontwerp is eveneens gebleken dat vrij grote hoeveelheden zand vrij komen. Om ook dit materiaal te hergebruiken is het idee ontstaan om hiermee de aanleg van een hoogwatervluchtplaats voor vee op het schor te realiseren. Deze vluchtplaats zal ter hoogte van dijkpaal 120 van de Koningin Emmapolderdijk op enige afstand van de buitenteen worden aangelegd.

Toekomstig hergebruik van klei

Indien besloten wordt om het gehele dijkvak (circa 10 km) op deze wijze aan te leggen, kan worden overwogen of klei uit baggerspecie of klei uit boortunnels als alternatief kan dienen. Met betrekking tot hergebruik van klei uit boortunnels is een rapport verschenen [7], waarin de hergebruiksmogelijkheden van boorspecie uit de Westerscheldetunnel is onderzocht. Uit deze inventarisatie is gebleken dat er circa 92.000 m^3 Boomse klei (> 4 mm) beschikbaar komt welke mogelijk geschikt zou zijn als bekledingsklei in het buitentalud van groene dijken op waterkeringen.

Ook klei uit baggerspecie kan indien deze aan de eisen voldoet als mogelijk alternatief dienen voor natuurlijke klei. Hiervoor dienen al in een vroeg stadium depots te worden aangelegd om de specie te laten rijpen, opdat men op het moment van uitvoering over voldoende materiaal kan beschikken. Voor klei uit baggerspecie wordt verwezen naar de diverse deelrapporten van het voormalige Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB) van de DWW.

4. Hydraulische belastingen

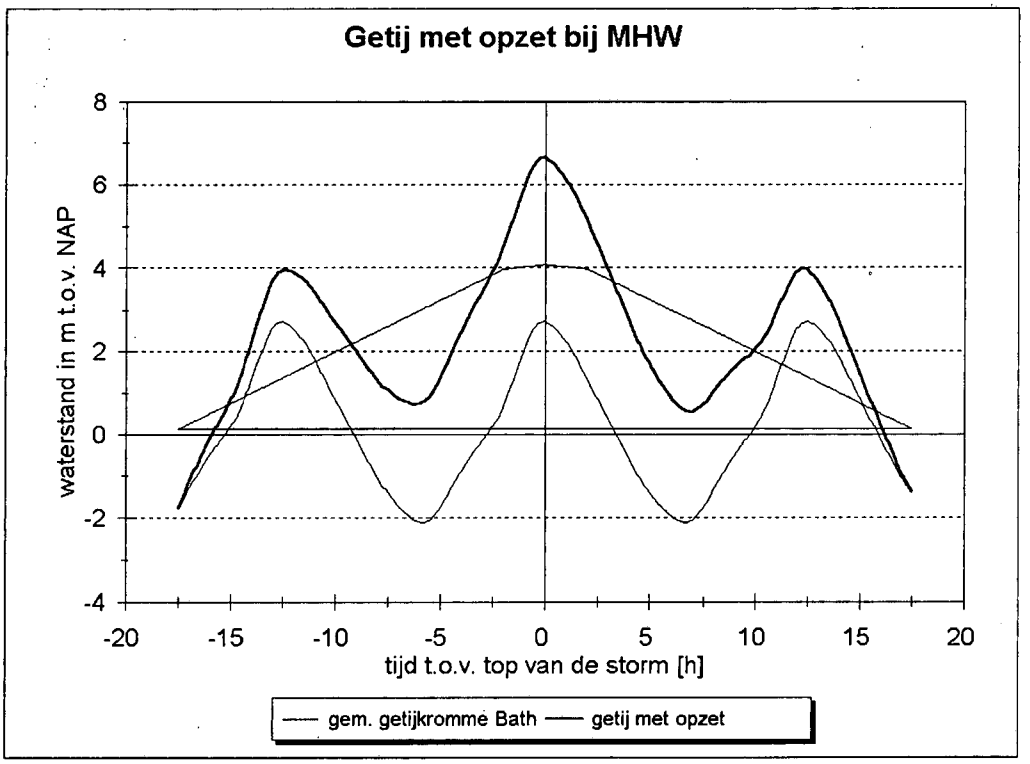
4.1 Onder maatgevende omstandigheden

4.1.1 Waterstanden

Als Toetspeil 2000.0 is door RIKZ voor de locatie Van Alsteinpolder (dijkvak 79) een waterstand van NAP+6,45 m berekend en voor de locatie Koningin Emmapolder (dijkvak 75) een stand van NAP+6,55 m. Volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV) moet voor de stormduur (t_s) worden uitgegaan van een periode van 35 uur. De opzet wordt geschematiseerd door een trapeziumvorm met als basis de gemiddelde waterstand (GWS). De top van de opzet ligt op Toetspeil 2000.0 minus de gemiddelde getij-amplitude (GGA). Voor het vaststellen van het waterstandsverloop wordt de afstand vanaf de basis tot de schuine zijde van de trapezium opgeteld bij het gemiddelde getij.

Als gemiddelde getijkromme is voor beide locaties die van Bath aangehouden, waarvoor geldt;
- gemiddeld hoogwater (GHW) op NAP + 2,72 m
- gemiddeld laagwater (GLW) op NAP - 2,11 m
- gemiddelde waterstand (GWS) op NAP + 0,14 m
- gemiddelde getij-amplitude (2,72 + 2,11) : 2 = 2,42 m

Door uit te gaan van deze gegevens en een gemiddeld toetspeil van NAP+6,50 m krijgt men een waterstandverloop volgens figuur 4.1, waarbij de volgende waarden zijn gebruikt;
- top opzet (trapezium) is NAP+6,50 - 2,42 = NAP+4,08 m
- basis trapezium NAP+0,14 m
- opzet (H) is 4,08 - 0,14 = 3,84 m



Figuur 4.1

Opgemerkt moet worden dat het ontwerppeil 2050 voor beide locaties circa 20 cm hoger ligt dan het Toetspeil 2000.0. Omdat voor beide locaties de getijkromme van Bath is aangehouden, welke in vergelijking met de getijkromme te Baalhoek (meer in de nabijheid van beide locaties) circa 10 cm hoger ligt, wordt dit deels weer opgeheven. Het verschil tussen toetspeil en ontwerppeil en het effect hiervan op de belastingduur zal daarom gering zijn.

4.1.2 Golfhoogten en golfperioden

Volgens de golfrandvoorwaarden op de Westerschelde [9] wordt voor de locatie Van Alsteinpolder (vak 79) de significante golfhoogte (H_s) en golfpiekperiode (T_p) bij twee verschillende waterstanden weergegeven, namelijk bij NAP+4,00 m en bij NAP+6,00 m. De golfhoogte en golfperiode onder maatgevende omstandigheden is bepaald bij een windrichting van 315 graden en een windsnelheid van 33 m/s. Een windsnelheid van 33 m/s heeft een overschrijdingsfrequentie van 1 maal op de 4000 jaar. Volgens [9] wordt voor Het verdronken land van Saeftinge geen rekening gehouden met eventuele toekomstige veranderingen in de bodemtopografie (bodemverlaging). Dit in tegenstelling tot de andere platen en slikken waarvoor afhankelijk van de locatie een bodemverlaging is toegepast van 0,5 m of 1 m. Uitgaande van de bij NAP+4,00 m en NAP+6,00 m gegeven golfhoogten en golfperioden, berekend op 50 m uit de teen van de dijk, zijn de overige waarden bij de verschillende waterstanden lineair bepaald, zie tabel 4.1.

Waterstand in meters t.o.v. NAP	golfhoogte in meters	piekperiode in seconden
+ 3,50	0,53	4,2
+ 4,00	**0,70**	**4,4**
+ 4,50	0,88	4,6
+ 5,00	1,05	4,8
+ 5,50	1,23	5
+ 6,00	**1,40**	**5,2**
+ 6,50	1,58	5,4

Tabel 4.1

Opgemerkt moet worden dat bij de lagere waterstanden de golfhoogte hoger is dan een half maal de waterdiepte. Navraag leerde dat dit onder bepaalde omstandigheden kan optreden.

Met behulp van deze waterstanden en de bijbehorende golfhoogte kan vervolgens de maatgevende belastingduur worden bepaald.

4.1.3 Belastingduur

De maatgevende belastingduur of stormduur (t_s) is bepaald volgens de LTV, katern 8. Alhoewel de leidraad niet direct is bedoeld voor het ontwerpen van een kleidek, is deze methode bij gebrek aan beter toch gebruikt. Dit mede omdat de beheerder het kleidek op veiligheid moet kunnen toetsen volgens de LTV. In de LTV wordt voor het bepalen van de maatgevende stormduur echter twee verschillende methoden gehanteerd. De ene methode geldt voor de reststerkte van een kleilaag onder een blokkenbekleding (zie 2.2.5 van LTV) en de andere methode voor de reststerkte van een kleilaag onder een grasmat (zie 4.1.4 van LTV). Het verschil in belastingduur tussen beide methoden is echter dermate groot (ongeveer factor 3) dat dit van grote invloed is op de uiteindelijke kleilaagdikte welke onder maatgevende omstandigheden nodig is. Bovendien komt in de LTV niet duidelijk naar voren waarom verschillende rekenmethoden worden gehanteerd. Dit probleem is voorgelegd aan de Helpdesk Toetsing. Momenteel wordt voor de belastingduur (reststerkte) van klei onder een graszode een andere rekenmethode afgeleid.Vooruitlopend op deze nieuwe rekenmethode, wordt de belastingduur in beide proefvakken bepaald volgens de methode voor de reststerkte van een kleilaag onder een graszode.

Naast de maatgevende waterstand, de stormduur en de golfhoogte, is de belastingduur ook afhankelijk van de taludhelling en het beoordelingsniveau. Indien voor een laag beoordelingsniveau wordt gekozen, wordt het talud onder maatgevende omstandigheden door meerdere opeenvolgende hoogwaters belast. Hierdoor wordt de belastingduur langer maar de bijbehorende golfbelasting is lager. Bij een hoog beoordelingsniveau (toetsniveau) zal het talud alleen tijdens de hoogste waterstand worden belast. Weliswaar is de belastingduur korter, maar de golfbelasting is

o.a. door een grotere golfhoogte zwaarder. Daar voor het vaststellen van de kleilaagdikte naast de belastingduur ook de golfhoogte bepalend is, moet de belastingduur voor verschillende niveaus worden doorberekend.

De belastingduur voor klei onder grasmatten (buitentalud) moet, voor dat deel van het talud dat beneden een bepaald niveau (toetspeil + lokale toeslagen + 0,5*Hs = ± NAP+7,30 m) ligt, worden berekend volgens figuur 4.1.4.1 in katern 8 van de LTV. Hierin is bepaald dat voor dit deel van het talud als belastingduur die tijd wordt aangehouden, waarin de waterstand zich tussen twee niveaus (belastingzone) bevindt. Deze twee niveaus liggen $8*H_s*\tan\alpha$**hoger** en **lager** dan het beoordelingsniveau (toetsniveau). In tabel 4.2 is voor verschillende toetsniveaus de berekende belastingduur (in uren) bij drie verschillende taludhellingen gegeven. De hier gekozen taludhellingen zijn vrij stijl om het ruimtebeslag op het buitendijks gelegen natuurgebied zo klein mogelijk te houden (randvoorwaarde voor aanleg). Dit in tegenstelling tot een groene dijk welke doorgaans een taludhelling heeft tussen 1:15 (onderin) en 1:6 (bovenin). De tussen haakjes geplaatste waarden achter de belastingduur geven de onder- en bovengrens van het door golven aangevallen gebied (belastingzone) t.o.v. NAP weer.

Toetsniveau	Hs (m) / Tp (s)	bij 1 : 4	bij 1 : 6	bij 1 : 8
NAP+3,50 m	0,53 / 4,2	11,8 (2,44-4,56)	9,2 (2,79-4,21)	7,9 (2,97-4,03)
NAP+4,00 m	0,70 / 4,4	12,2 (2,60-5,40)	8,9 (3,07-4,93)	7,1 (3,30-4,70)
NAP+4,50 m	0,88 / 4,6	13,0 (2,74-6,26)	8,5 (3.33-5,67)	6,2 (3,62-5,38)
NAP+5,00 m	1,05 / 4,8	13,7 (2,90-7,10)	8,3 (3,60-6,40)	4,2 (3,95-6,05)
NAP+5,50 m	1,23 / 5	12,9 (3,04-7,96)	7,5 (3,86-7,14)	5,0 (4,27-6,73)
NAP+6,00 m	1,40 / 5,2	11,9 (3,20-8,80)	5,2 (4,13-7,87)	4,4 (4,60-7,40)
NAP+6,50 m	1,58 / 5,4	11,1 (3,34-9,66)	4,8 (4,39-8,61)	3,9 (4,92-8,08)

Tabel 4.2 Belastingduur op verschillende niveaus bij MHW voor klei onder graszoden.

Zoals uit de tabel blijkt is het verloop van de belastingduur niet lineair. Dit wordt veroorzaakt doordat de belastingzone bij een bepaald toetsniveau niet meer door alle drie de hoogwatertoppen loopt (zie figuur 4.1).

Indien de fysische eigenschappen van de klei en de toepassingshoogte bekend zijn, kan men met behulp van de belastingduur de minimaal benodigde kleilaagdikte en de taludhelling bepalen welke onder maatgevende omstandigheden nodig is, zie hoofdstuk 7.

4.2 Tijdens stormen niet zijnde maatgevend

De kans dat maatgevende omstandigheden zich tijdens de monitoringsperiode zullen voordoen is zeer klein. Om na enige tijd desondanks een uitspraak te kunnen doen over eventueel opgetreden erosieschade is aanvullende informatie nodig over het voorkomen van waterstanden en golfhoogten lager dan de maatgevende. In dit hoofdstuk worden de belastingen tijdens stormen (niet maatgevend) bekeken, welke door Alkyon/RIKZ zijn aangeleverd [10]. In hoofdstuk 4.3 worden de belastingen onder dagelijkse omstandigheden gegeven, welke zijn ontleend aan gegevens over het astronomische getij en eerder voorgekomen waterstanden. Voor het bepalen van de belastingduur is uitgegaan van een taludhelling van 1:6, welke als het meest gunstige zowel voor wat betreft de benodigde kleilaagdikte als het ruimtebeslag op het buitendijks gelegen natuurgebied naar voren kwam (zie hoofdstuk 7.2). Bij de berekeningen door Alkyon/RIKZ is evenals onder maatgevende omstandigheden geen verlaging van het voorland in rekening gebracht. Wel is rekening gehouden met het verwijderen van de gasdam direct ten oosten van de locatie Emmapolder. Als gemiddelde maaiveldhoogte t.p.v. de gasdam is NAP+2,70 m aangehouden. Dit omdat deze dam een tijdelijke constructie zou zijn. Volgens het rapport is de invloed van de dam overigens alleen merkbaar bij noord, noordoostelijke windrichtingen.

4.2.1 Waterstanden

De waterstanden welke met een bepaalde overschrijdingskans volgens Alkyon/RIKZ op beide proeflocaties kunnen voorkomen, zijn samen met die voor de meetstations Vlissingen en Bath in tabel 4.3 weergegeven. Deze waterstanden wordt uniform verdeeld verondersteld over de gehele Westerschelde. De gegevens m.b.t. de stations Vlissingen en Bath zijn ontleend aan de "Getijtafels voor Nederland 1998". Het vermelden van gegevens over deze meetstations is mogelijk van belang bij de monitoring. De overschrijdingswaarden zijn in cm t.o.v. NAP vermeld.

Volgens "Getijtafels voor Nerdeland 1998"				Proeflocatie
	Overschrijdingfrequentie	Vlissingen	Bath	Alkyon/RIKZ
hoge vloeden	5 x per jaar	305	380	
	2 x per jaar	320	405	
	1 x per jaar	330	415	400
lage stormvloeden	1 x per 2 jaar	350	430	410
	1 x per 5 jaar	370	455	425
middelbare stormvloeden	1 x per 10 jaar	385	475	445*
	1 x per 20 jaar	400	500	470
	1 x per 50 jaar	425	525	490
hoge stormvloeden	1 x per 100 jaar	440	545	
	1 x per 200 jaar	455	565	
	1 x per 500 jaar	480	590	
buitengewoon hoge stormvloeden	1 x per 1000 jaar	495	610	
	1 x per 2000 jaar	510	630	
	1 x per 5000 jaar	535	655	
extreme stormvloeden	1 x per 10000 jaar	550	675	
grenspeil	1 x per 2 jaar	350	430	
ontwerppeil	1 x per 4000 jaar	530	650	
basispeil	1 x per 10000 jaar	550	675	
aantal min. later		0	90	

Tabel 4.3 Overschrijdingswaarden Vlissingen, Bath en proeflocatie.

Opmerking:
De in het rapport (Alkyon/RIKZ) opgegeven waarde van 470 bij een kans van voorkomen van 1 maal per 10 jaar ligt buiten de lijn der verwachtingen. Deze stand ligt beter in de lijn bij een kans van voorkomen van 1 maal per 20 jaar. Bij navraag bij RIKZ bleek dit te kloppen. De tussenliggende waterstand voor de proeflocatie (*) bij een kans van 1 op 10 jaar is vervolgens geïnterpoleerd.

4.2.2 Golfhoogten en golfperioden

Naast het bepalen van de overschrijdingsfrequentie zijn voor beide proeflocaties bij 3 verschillende waterstanden golfberekeningen uitgevoerd en wel bij 5 verschillende windrichtingen en bij 3 verschillende windsnelheidsklassen. Deze berekeningen zijn op 50 m uit de teen van de dijk uitgevoerd. De resultaten van deze berekeningen zijn in bijlage 2 en 3 opgenomen. De 3 verschillende windsnelheidsklassen hebben betrekking op de kans van voorkomen, namelijk 1 maal per jaar, 1 maal per 5 jaar en 1 maal per 50 jaar. In tabel 4.4 zijn voor de verschillende windrichtingen de bijbehorende snelheden weergegeven.

Windrichting	Windsnelheid in [m/s]		
	1 x per jaar	1 x per 5 jaar	1 x per 50 jaar
285°	12	19	25
300°	11	18	24
315°	10	17	22
330°	10	15	19
360°	10	13	16

Tabel 4.4 Windsnelheden

Vervolgens is voor beide locaties door RIKZ uit de berekende resultaten een keuze gemaakt van de maximale combinatie van golfhoogte [Hs] en golfperiode [Tpm]. Desbetreffende combinaties zijn in de bijlagen 2 en 3 gemarkeerd (vet en cursief).

Voor het vaststellen van golfhoogten bij tussenliggende waterstanden moeten de waarden worden geïnterpoleerd. Ook de tussenliggende waarden van de bij de golfhoogte behorende golfperiode (Tpm) moeten worden geïnterpoleerd. Omdat de spreiding van de golfperiode (Tpm) t.o.v. de golfhoogte vrij groot is en de correctie van 1 sec op de door het model berekende waarden vooral bij lagere golfhoogten vrij grof is, wordt voor het vaststellen van de golfperiode bij een bepaalde golfhoogte gebruik gemaakt van de grafieken op bijlage 4 en 5.

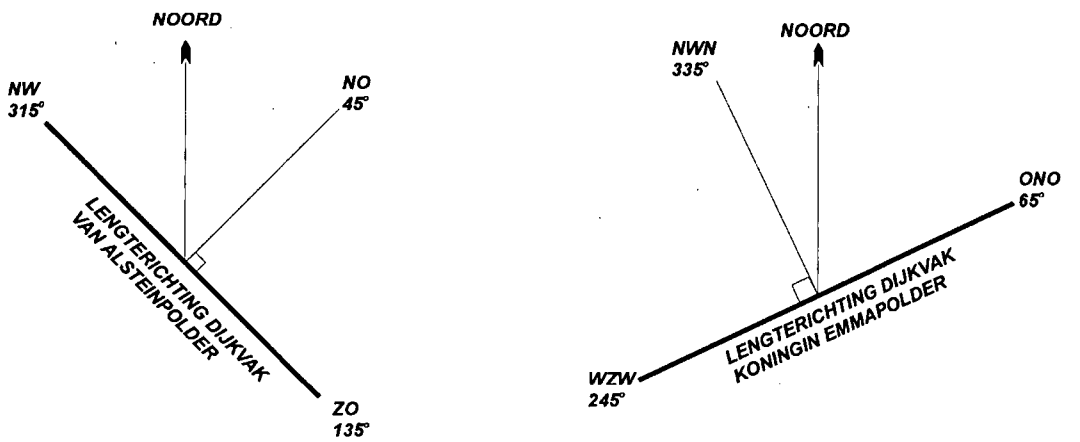
4.2.3 Wind- en golfrichting

De windrichting is niet gelijk aan de golfrichting op de dijk en wordt o.a. beïnvloed door de waterdiepte en de ligging van de kust. In het rapport wordt op de graad nauwkeurig de golfrichting bij verschillende waterstanden, windsnelheden en windrichtingen berekend. Rekening houdende dat de waterstand (getij) en de windsnelheid niet constant is, blijkt uit deze gegevens dat verschillen in waterstanden en in windsnelheden van geringe invloed is op de golfrichting. Van meer invloed op een verandering van de golfrichting is de windrichting. Bij een westelijke wind is deze verandering groter dan bij een noordelijke wind. In onderstaande tabel zijn voor beide locaties de golfrichting bij een bepaalde windrichting gegeven. Dit zijn de gemiddelde waarden over alle waterstanden en windsnelheden zoals deze in appendix 1 van het rapport Alkyon/RIKZ zijn gegeven. Het vereenvoudigen van deze gegevens is van belang om tijdens de monitoringsperiode de mogelijke gevolgen van bepaalde windsnelheden uit een bepaalde richting voor de proefvakken snel te kunnen inschatten.

Windrichting	Golfrichting	
in N °	Alsteinpolder	Emmapolder
285	335	292
300	341	305
315	349	318
330	358	332
360	15	358

Tabel 4.5 Wind- en golfrichting

Omdat de mate van golfoploop ook afhankelijk is van de hoek die de invallende golf met de dijk maakt, is de richting van de dijk vastgesteld, zie onderstaande figuur.



Opgemerkt moet worden dat het proefvak Alsteinpolder hier als een rechte lijn is getekend. In werkelijkheid loopt dit proefvak komvormig (hol).

4.2.4 Belastingduur

Voor het bepalen van de belastingduur tijdens stormen met een lagere kans van voorkomen dan 1 maal per 4000 jaar, moet bij een bepaalde overschrijdingskans van de waterstand de bijbehorende overschrijdingskans qua windsnelheid worden bepaald. Vervolgens kan bij deze combinatie de golfhoogte worden vastgesteld, welke zowel voor wat betreft de locatie als de wind richtingsgevoelig is. Alhoewel voor beide locaties de maximale golfhoogte bij een bepaalde windrichting exact kan worden bepaald, wordt voor het bepalen van de belastingduur uitgegaan van gemiddelde waarden. De reden hiervoor is om het aantal berekeningen te beperken en omdat geringe verschillen in golfhoogte van weinig invloed is op de totale belastingduur. In tabel 4.6 is de gemiddelde golfhoogte bij drie waterstanden en drie windsnelheden gegeven, welke zijn bepaald uit de aangeleverde gegevens volgens bijlage 3 en 4.

Indien tijdens de monitoring blijkt dat er grote verschillen van erosieschade tussen beide locaties of op één locatie (dijk is niet recht) optreden, kunnen alsnog aanvullende berekeningen worden uitgevoerd.

Gemiddelde golfhoogten voor beide locaties			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	11 m/s 1 x per jaar	16 m/s 1 x per 5 jaar	21 m/s 1 x per 50 jaar
+ 3,50	Hs = 20 cm	Hs = 24 cm	Hs = 26 cm
+ 4,25	Hs = 34 cm	Hs = 45 cm	Hs = 48 cm
+ 5,00	Hs = 42 cm	Hs = 59 cm	Hs = 66 cm

Tabel 4.6 Gemiddelde golfhoogte

Vervolgens is door interpolatie de golfhoogte voor beide locaties bepaald welke bij een bepaalde overschrijdingskans van zowel waterstand als windsnelheid kan optreden, zie tabel 4.7.

kans op voorkomen	waterstand t.o.v. NAP	windsnelheid	golfhoogte	belastingduur bij talud van 1:6
1 x per jaar	+4,00 m	11 m/s	28 cm	1,9 uur
1 x per 2 jaar	+4,10 m	13 m/s	33 cm	2,0 uur
1 x per 5 jaar	+4,25 m	16 m/s	45 cm	2,3 uur
1 x per 10 jaar	+4,45 m	18 m/s	52 cm	2,5 uur
1 x per 20 jaar	+4,70 m	20 m/s	58 cm	2,6 uur
1 x per 50 jaar	+4,90 m	21 m/s	65 cm	2,8 uur

Tabel 4.7 Belastingduur bij bepaalde kans van voorkomen

Met deze gegevens is volgens de eerder gehanteerde methode de belastingduur bepaald voor een talud van 1:6, zie laatste kolom van tabel 4.7. In tegenstelling tot de belastingduur onder maatgevend hoogwater (zie 4.1.3), is hier alleen de belastingduur bij de optredende waterstand bepaald.

4.3 Onder dagelijkse omstandigheden

Onder de hydraulische belastingen onder dagelijkse omstandigheden wordt verstaan, de te verwachten waterstanden en golfbelasting welke in een jaar kunnen optreden.

4.3.1 Waterstanden

In eerste instantie is gekeken hoeveel maal een astronomische hoogwaterstand (zonder windopzet) een bepaald peil zal bereiken. Hiervoor is gebruik gemaakt van de Getijgenerator versie 1.61, welke betrekking heeft op de waterstanden in 1998. Als meetstation is het station te Bath aangehouden, welke min of meer ter hoogte van beide vakken aan de overzijde van de Westerschelde ligt. Bij het vaststellen van het aantal is rekening gehouden met de hoogteligging

van het voorland (NAP+2,70 m) en de verwachting dat bij waterstanden tot NAP+3,00 m geen erosie aan het buitentalud zal optreden.

Aantal maal dat een waterstand kan optreden	
waterstand t.o.v. NAP	aantal maal
+3,00 en +3,09	91
+3,10 en +3,19	49
+3,20 en +3,29	26
+3,30 en +3,39	30
+3,40 en +3,49	16
+3,50 en +3,59	14
+3,60 en +3,69	1

Tabel 4.8 Aantal optredende waterstanden in 1998 te Bath

Opgemerkt moet worden dat de astronomische hoogwaterstand tijdens springtij bij Baalhoek, welke aan de westzijde van het verdronken Land van Saeftinge ligt (meer in de nabijheid van de vakken), volgens de Getij-generator circa 10 tot 15 cm lager is dan dat van het station Bath. Dit verschil zal voor de locatie Koningin Emmapolder echter iets kleiner zijn, omdat deze locatie meer oostelijk van Baalhoek ligt dan de locatie Van Alsteinpolder. Bij een waterstand op toetspeil 2000.0 is het niveauverschil tussen beide locaties ongeveer 10 cm (zie 4.1.1). Rekening houdende met het voorgaande, zal het aantal overschrijdingen van een bepaalde waterstand nabij de proefvakken naar een iets lager niveau verschuiven en de aantallen lager zijn dan in tabel 4.8 is aangegeven. Hierbij wordt bewust geen rekening gehouden met eventuele windeffecten, daar deze zowel voor een verhoging als voor een verlaging van de waterstand kan zorgen.

Om een indruk te krijgen in hoeverre het talud op de beide locaties bij een bepaalde waterstand werkelijk belast wordt, is tijdens een astronomische waterstand van NAP+3,36 m te Bath op 28-04-1998 een inspectie uitgevoerd. Deze waterstand kwam nagenoeg overeen met de werkelijk opgetreden waterstand. Tijdens deze inspectie is het volgende gebleken:

- Op de locatie Emmapolder kwam het water niet tot aan het buitentalud van de dijk. Mogelijk heeft het ter plaatse zeer brede voorland een vertragend effect op het waterstandsverloop of ligt het voorland hoger dan is aangenomen. *Aan de hand van de in juni 1998 gemeten dwarsprofielen is komen vast te staan dat de gemiddelde hoogte van het voorland hier op NAP+3,30 m ligt. Dus circa 0,60 m hoger dan tot dusver was aangenomen.*
- Op de locatie Alsteinpolder stond het water tijdens de top wel tegen het buitentalud. Uitgaande van de ontwerptekeningen was de waterstand toen NAP+3,30 m. Alhoewel het verschil gering is ligt deze inderdaad lager dan de waterstand gemeten te Bath. *Het voorland ligt hier volgens de in juni 1998 gemeten dwarsprofielen gemiddeld op NAP+2,80 m.*

Vervolgens is van een tweetal jaren (1994 en 1995) de maandelijkse hoogst opgetreden waterstand te Bath bekeken om een indruk te krijgen over de mate van opzet op het astronomische getij. De opzet is het gevolg van een bepaalde windsnelheid gedurende een bepaalde tijd uit een bepaalde richting. Uit deze gegevens blijkt bij opgetreden waterstanden tot NAP+3,50 m nauwelijks van enige opzet sprake was. Bij de opgetreden waterstanden boven NAP+3,50 m was de gemiddelde opzet circa 50 cm en kwam circa 8 keer per jaar voor. Opgemerkt moet worden dat deze gegevens indicatief zijn en alleen bedoeld om samen met de voorgaande informatie over waterstanden en golfhoogten een inschatting te kunnen maken over de hydraulische belasting onder dagelijkse omstandigheden.

Uitgaande van het voorgaande wordt onder dagelijkse omstandigheden voor beide proeflocaties het volgende voorzien:

- waterstanden tot NAP+3,00 m bereiken gezien de hoge ligging van het voorland niet of nauwelijks de teen de dijk
- waterstanden tussen NAP+3,00 m en NAP+3,50 m komen regelmatig (circa 100 keer per jaar) voor
- waterstanden tussen NAP+3,50 m en NAP+4,00 m komen ongeveer 10 keer per jaar voor
- waterstanden rond of iets boven NAP+4,00 m komen ongeveer 1 maal per jaar voor

4.3.2 Golfhoogten

Gezien de hoogteligging en de breedte van het voorland, zal bij waterstanden tussen NAP+3,00 m en NAP+3,50 m in het merendeel van de gevallen de golfslag niet of nauwelijks van enige betekenis zijn. Dit werd bevestigd tijdens de eerder genoemde inspectie.

Bij waterstanden tussen NAP+3,50 m en NAP+4,00 m zal wel rekening gehouden moeten worden met de golfhoogte. Voor het bepalen van de golfhoogte is eveneens gebruik gemaakt van de aangeleverde gegevens, zie bijlagen 2 en 3. Hierbij is de gemiddelde golfhoogte bepaald bij een waterstand van NAP+3,50 m en een windsnelheid met een kans van 1 maal per jaar over alle windrichtingen en beide locaties. Rekening houdende dat onder dagelijkse omstandig-heden de windsnelheid lager zal zijn (geen kans van 1 maal per jaar) wordt een gemiddelde golfhoogte van 20 cm aangehouden voor een waterstand van gemiddeld NAP+3,75 m.

Voor de golfhoogte behorende bij een waterstand en windsnelheid welke een maal per jaar kan voorkomen, wordt verwezen naar hoofdstuk 4.2.

4.3.3 Belastingduur

Voor het bepalen van de belastingduur onder dagelijkse omstandigheden welke in een jaar kan voorkomen, worden gezien het voorgaande drie niveaus onderscheiden, namelijk:
- de belastingduur voor waterstanden tussen NAP+3,00 m en NAP+3,50 m
- de belastingduur voor waterstanden tussen NAP+3,50 m en NAP+4,00 m
- de belastingduur voor waterstanden rond of iets boven NAP+4,00 m

Bij het bepalen van de belastingduur voor waterstanden tussen NAP+3,00 m en NAP+3,50 m, wordt de tijdsduur van één hoogwater gesteld op circa 1 uur. De totale jaarbelasting komt daarmee op circa 100 uur. Overigens zal deze belasting niet op een en hetzelfde niveau plaatsvinden, maar verdeeld over het talud tussen NAP+3,00 m en NAP+3,50 m.

De belastingduur voor waterstanden tussen NAP+3,50 m en NAP+4,00 m wordt conform de LTV bepaald (zie hoofdstuk 4.1). Uitgegaan is van een gemiddelde waterstand van NAP+3,75 m en een golfhoogte van 0,20 m. De belastingduur tijdens één hoogwater komt daarmee op 1,6 uur. Aangezien deze waterstanden ongeveer 10 keer per jaar worden verwacht, wordt de totale belastingduur circa 16 uur. Voor waterstanden welke een maal per jaar voorkomen, geldt een belastingduur van 1,9 uur (zie 4.2).

4.4 Actuele gegevens over waterstanden, golfhoogten en golfperioden

Voor o.a. het sturen van het onderzoek (monitoring na aanleg) zijn actuele gegevens over de windrichting, windsnelheid, golfhoogten en waterstanden nodig. Deze gegevens alsmede voorspelde waterhoogten, zijn voor de gebruiker vanuit een centraal computerbestand beschikbaar. Voor de presentatie van deze gegevens heeft Rijkswaterstaat (RIKZ) het Multifunctioneel Presentatie Programma (MFPS) ontwikkeld.

Ook via internet zijn deze gegevens te raadplegen, zie hiervoor de site van Waterland (http://www.waterland.net). Als ingang op deze site kan gekozen worden voor "Actuele gegevens en berichten" waarna men de volgende informatie kan opvragen:
- waterstanden en astronomisch getij; voor station Vlissingen wordt zowel de actuele waterstand als het astronomisch getij gegeven, voor de station Baalhoek en Bath alleen de actuele waterstand
- actuele stormvloedgegevens; voor Westerschelde alleen station Vlissingen
- windgegevens; voor o.a. de stations Hoofdplaat, Terneuzen sluis en Hansweert worden zowel windrichting als windsnelheid gegeven
- golfgegevens; voor de ingang (zeezijde) van de Westerschelde ligt het station Wielingen waarvoor de golfhoogten, golfperiode T3, golfperiode TM02 en de golfenergie wordt vermeld

5. Overige belastingen

Hieronder wordt verstaan alle overige aspecten die de kleilaag op het buitentalud kan beschadigen en hierdoor het erosieproces kan beïnvloeden. Hierbij kan worden gedacht aan; graverij door muskusratten of konijnen, beweiding door vee, het plaatsen van hekwerken en hogere beplanting.

5.1 Graverij door muskusratten of konijnen

Alhoewel het zoute milieu minder geschikt is voor bewoning, mag niet worden uitgesloten dat in het buitendijks gelegen Land van Saeftinge muskusratten voorkomen. Vast staat dat de muskusrat in zoet tot zwak brakke milieus met vegetaties gekenmerkt door biezen, lisdodde en in mindere mate door riet goed kunnen gedijen. Met name het rustige milieu van het Verdronken Land van Saeftinge kan voor de muskusrat juist aanleiding zijn om zich hier te vestigen. Navraag bij de ex-muskusrattenvanger (de heer De Vree te Kloosterzande) leerde dat met name in het verleden er inderdaad zeer veel muskusratten in het desbetreffende gebied werden gevangen. Ook is herhaalde malen geconstateerd dat de muskusratten in het buitentalud hebben gegraven en wel in een enkel geval tot bovenaan de dijk. Opgemerkt moet worden dat dit is voorgevallen voordat de dijk in de jaren 80 werd verbeterd en van een stenen glooiing werd voorzien. Alhoewel volgens informatie van de heer De Vree het aantal vangsten momenteel meevalt moet men er rekening mee houden dat dit in de toekomst kan veranderen.

In tegenstelling tot het voorgaande m.b.t. schade ten gevolge van muskusratten zijn in de verslagen zeeweringen in de provincie Zeeland over de periode 1965 t/m 1982 geen schadevermeldingen aangetroffen. Wel wordt in deze periode jaarlijks melding gemaakt over de soms grote aantal vangsten en de toe- of afname t.o.v. voorgaande jaren.

Indien de huidige harde bekleding vervangen wordt door een dik kleipakket, mag op grond van het voorgaande niet worden uitgesloten dat schade door graverij van muskusratten in het buitentalud weer zal toenemen. Uit onderzoek is echter gebleken dat de gronddekking van het gangenstelsel en de kamers veelal 50 tot 70 cm bedraagt. Indien de kleilaag voldoende dik is en de bovenste laag tijdens een storm door erosie mag worden aangetast, kan eveneens worden overwogen om ook schade door graverij van muskusratten toe te staan. In dit geval zou men rekening moeten houden dat regelmatig herstel van muskusrattenschade noodzakelijk is.

Indien wel beschermende maatregelen moeten worden genomen, dient men te bedenken dat uit onderzoek is vast komen te staan dat het materiaal waaruit de muskusratwerende constructie wordt gemaakt, geen naden mag bevatten die gemakkelijk kunnen worden aangetast. Verder is het van belang dat de onderkant van een dergelijke constructie ruim beneden (circa 2,00 m) gemiddeld laagwater moet bevinden en de bovenkant op tenminste 1,00 m boven gemiddeld hoogwater. Als materiaalkeuze waarvan bekend is dat deze muskusratwerend zijn, kan men denken aan stalen-, betonnen-, of azobé-damwanden en roestvrij staalgaas met een draaddikte van tenminste 1,7 mm en maximum maaswijdte van 50 x 50 mm. Kunststofdoek moet worden afgeraden omdat gebleken is, dat dit de muskusrat niet zal tegenhouden.

Naast graverij van muskusratten dient men ook rekening te houden met graverij van muizen, mollen en konijnen. De schade welke deze soorten door graven aanrichten is doorgaans minder erg dan de schade welke de muskusratten aanrichten.

5.2 Beweiding door vee

Beweiding door vee (koeien of schapen) op beide demonstratievakken kan niet worden toegestaan. De reden hiervoor is dat de vakken mede zijn aangelegd om de mate van erosie en de daaruit voortvloeiende onderhoudskosten te kunnen bepalen. Beweiding zou een dermate ernstige verstoring kunnen veroorzaken dat een antwoord hierop niet meer mogelijk is. Na het verkrijgen van voldoende informatie m.b.t. erosie, kan alsnog worden bezien of beweiding wordt toegestaan en welke gevolgen dit heeft voor het onderhoud.

5.3 Hekwerken en hogere beplanting

Alhoewel hekwerken op een buitentalud i.v.m. het ontstaan van veepaden en plaatselijke ontgronding over het algemeen moet worden vermeden, dienen beide vakken te worden afgeschermd tegen beweiding door vee. Dit hekwerk dient echter een minimale verstoring te geven op het stroombeeld van het buitenwater. Gedacht kan worden aan een afrastering van schrikdraad.

Hogere beplanting zoals struiken dient eveneens te worden vermeden. Dit is mogelijk door het buitentalud ten minste eenmaal per jaar te maaien.

5.4 Veek

Met name op de locatie Koningin Emmapolder zal veel veek kunnen aanspoelen waardoor een goede ontwikkeling van de grasmat beneden een bepaald niveau niet tot stand kan komen. Het ruimen van veek is vrij arbeidsintensief en werd in het verleden, voordat de betonglooiing was aangebracht regelmatig met behulp van een hydraulische kraan vanaf de teen gedaan [8, 1982].

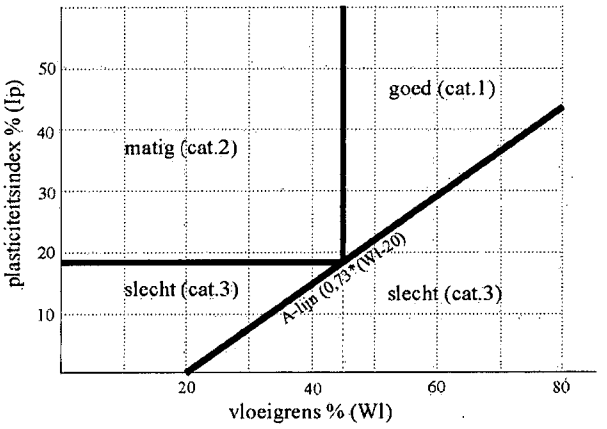
Voor de demonstratievakken wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat het veek niet geruimd behoeft te worden. De gevolgen van het niet opruimen van veek kunnen echter veel omvangrijker zijn. Het veek kan zich tijdens een storm over een groter gebied verspreiden en op plaatsen terecht komen waar het niet acceptabel is en mogelijk lastiger te verwijderen is. Ook kan het ruimen van veek uit het oogpunt van monitoren noodzakelijk blijken te zijn. Dit om de onder het veek gelegen klei te beoordelen en eventuele erosie te kunnen constateren en in te meten. Het al dan niet ruimen van veek zal in overleg met de beheerder tijdens de monitoringsperiode worden bekeken.

6. De klei

6.1 Kwaliteitseisen

Voor klei toegepast als verdediging in een buitentalud is goede erosiebestendige (categorie 1) klei nodig [1]. De mate van erosiebestendigheid kan worden bepaald middels de Atterbergse grenzen en het zandgehalte. Daarnaast zijn eisen t.a.v. het organische stofgehalte, het zoutgehalte, het kalkgehalte, verkleuringen en de geur gesteld. Bij verwerking worden ook eisen gesteld aan het watergehalte van de klei. Het maximaal toelaatbaar watergehalte wordt uitgedrukt in de zogenaamde consistentie-index (I_c). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen klei welke in een deklaag of in een kern wordt toegepast. Bij verwerking als deklaag zoals hier in het buitentalud wordt toegepast, moet de klei bij verwerking een consistentie-index hebben van 0,75 of hoger. Vervolgens is hieruit het maximum watergehalte af te leiden. Omdat het verwerken en goed verdichten van te droge klei veel inspanning kost, worden ook eisen gesteld aan het minimum watergehalte. Het minimum watergehalte wordt gelijk gesteld aan het optimum watergehalte dat uit de proctorproef volgt. Uiteraard dient ook te worden voldaan aan de vigerende eisen aan grond m.b.t. toxiciteit en milieu-effecten, waarop hier niet verder wordt ingegaan.

Plasticiteitsdiagram



Ervan uitgaande dat de toplaag (vegetatielaag) van de klei al binnen enkele jaren door weersinvloeden uiteen valt (structuurvorming), kan voor deze laag eventueel ook een minder goede erosiebestendige klei worden toegepast. Gedacht wordt aan hergebruik van de circa 0,8 m dikke kleilaag welke momenteel op het buitentalud ligt. Onderzoek moet uitwijzen tot welke categorie deze klei behoort. Het verschil tussen matig en goed erosiebestendige klei heeft betrekking op de gestelde eis t.a.v. de plasticiteitsindex (I_p) en de vloeigrens (W_l), zie tabel 6.1.

		Erosie-bestendigheid (deklagen)	
		goed (onderlaag)	matig (toplaag)
vloeigrens (w_l)	%(m/m)	≥ 45	< 45
plasticiteitsindex (I_p)	%(m/m)	> 0,73 * (w_l - 20)	> 18
zandgehalte	%(m/m)	< 40	< 40
organische stofgehalte	%(m/m)	≤ 5	≤ 5
zoutgehalte (NaCl)	g/l bodemvocht	≤ 4	≤ 4
consistentie-index bij verwerken (Ic)	-	≥ 0,75	≥ 0,75
maximum watergehalte (W_{max})	%(m/m)	w_l - 0,75 * I_p	w_l - 0,75 * I_p
minimum watergehalte (Wmin)	%(m/m)	proctorproef	proctorproef
kalkgehalte (HCl massaverlies)	%(m/m)	≤ 25	≤ 25

Tabel 6.1 Eisen klei voor deklagen

Naast deze eisen mag de klei bij ontgraven of drogen geen extreme verkleuringen (helder rood, helder geel, helder blauw of veel zwarte plekken) en geen afwijkende sterke geur (rotte eieren, olie- of kolenachtig) hebben.

Voor de methoden waarop de proefuitvoeringen dienen plaats te vinden wordt verwezen naar hoofdstuk 9.6.

6.2 Wijze van aanbrengen en verdichten

De klei mag pas verwerkt worden indien het watergehalte ligt tussen het maximum en minimum watergehalte. In bevroren toestand of indien de klei veel sneeuw bevat mag deze niet worden verwerkt. Ook tijdens hevige neerslag mag de klei niet worden verwerkt. De klei dient zodanig te worden verwerkt dat door neerslag geen plassen op de klei kunnen blijven staan. Indien de klei over reeds aangebrachte klei wordt aangevoerd, moet dit versporend gebeuren.

Om een goede verdichting te kunnen verkrijgen moet de klei in lagen van maximaal 0,40 m gemeten na verdichting worden aangebracht en dienen de lagen ieder afzonderlijk door een bulldozer te worden verdicht. Door met een bulldozer enkele malen vanaf de teen naar boven en terug te rijden, worden de holle ruimten tussen de kleibonken weggedrukt. Het minimum aantal overgangen wordt gesteld op 2 x 4 overgangen. Met één overgang wordt bedoeld in één rijrichting, dus in dit geval in totaal 8 rijrichtingen. Verdichting met een machine op banden geeft een te hoge contactdruk direct onder de band, tenzij met een zeer lage bandenspanning wordt gewerkt.

Na verdichting moet de droge dichtheid van de goed erosiebestendige klei in de onderlaag tenminste 97% van de proctordichtheid (éénpuntsproctorproef) bij het aanwezige watergehalte bedragen. Van elke aangebrachte laag dient de dichtheid te worden bepaald.

Voor de toplaag of vegetatielaag waarvoor de huidige deklaag wordt hergebruikt, wordt een minder sterke verdichting geëist. Voorlopig wordt de verdichting gesteld op 2 maal 2 overgangen met een bulldozer en geen verdichtingsgraad. Rekening houdend met de geringe effecten op enige diepte t.a.v. verdichting door een beperkt aantal overgangen, moet de toplaag van 0,5 m dikte wel in twee lagen worden aangebracht.

6.3 Structuurvorming

Uit onderzoek is gebleken dat een toplaag van klei toegepast boven de hoogwaterlijn altijd binnen enige jaren uiteen valt door weersinvloeden en begroeiing. In een goed verdichte klei is die toplaag onder een grasvegetatie na 4 jaar ongeveer 0,4 m dik. Het uiteenvallen van de klei in brokjes (structuur- of bodemvorming) neemt af met de diepte. Uit waarnemingen is gebleken dat bodemvorming onder gras niet dieper reikt dan 1,5 à 2 m [3].

Op plaatsen waar de klei voortdurend nat blijft (beneden de hoogwaterlijn), treedt er geen structuurvorming op en behoudt de klei mits goed verdicht zijn bestendigheid tegen zware golfaanval. Deze zone wordt echter wel voortdurend aangetast door biologische activiteiten. Deze aantasting leidt echter tot een slechts zeer langzame ontgronding [3].

6.4 Huidige kleilaag op het buitentalud

De klei welke momenteel op het buitentalud als bekledingsklei is toegepast en welke weer als toplaag hergebruikt zal worden, is afkomstig uit het voorland. Voordat de klei hiervoor werd gewonnen is door het toenmalige Laboratorium voor Grondmechanica Delft onderzoek gedaan naar de geschiktheid, zie GD-rapport CO-249620/99. Uit dit onderzoek, waarbij gebruik is gemaakt van de toen bij "Het Bureau Dijkversterking Oosterschelde" en bij de "Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland" geldende normen, bleek dat de klei deels wel en deels niet aan deze normen voldeed. Verondersteld werd dat indien de klei bij het ontgraven uit de verschillende natuurlijke afzettingen enigszins gemengd in het rijpingsdepot gebracht zou worden, de klei vermoedelijk wel geschikt zou zijn als bekledingsklei.

In verband met de wens om de huidige bekledingsklei als toplaag in de nieuwe constructie te hergebruiken, zijn in juni 1998 door PBZ een aantal monsters genomen en door het materiaalkundig c.q. milieukundig laboratorium van Fugro (opdrachtnummer H-1888) onderzocht. Dit onderzoek was met name gericht op de erosiebestendigheid. De monsters zijn op circa 0,5 m beneden het maaiveld genomen. De resultaten van dit onderzoek zijn per locatie in onderstaande tabellen weergegeven.

Parameter	eenheid	dijkpaal 106 boventafel	dijkpaal 107 boventafel	dijkpaal 106 ondertafel	dijkpaal 108 ondertafel	methode van onderzoek
gehalte > 63 µm (zand)	% (m/m)	32,6	47,2	24,5	40,5	proef 2 RAW
gehalte < 16 µm	% (m/m)	34,6	27,6	39,9	27,3	proef 1 RAW
gehalte < 2 µm (lutum)	% (m/m)	15,6	13,2	19,4	11,1	proef 1 RAW
organische stof (H)	% (m/m)	5,2	4,1	6,5	4,1	proef 501 TAW
kalk ($CaCO_3$)	% (m/m)	13,8	12,9	12,9	10,4	proef 502 TAW
zoutgehalte in bodemvocht	g/l	0,014	0,008	0,57	2,3	proef 503 TAW
watergehalte (W)	% (m/m)	29,4	26,2	40,1	28,7	NEN 5122
vloeigrens (Wl)	% (m/m)	39	30	44	33	ETC5-N95.7/Cass
uitrolgrens (Wp)	% (m/m)	24	22	27	24	ETC5-N95.7/Cass
plasticiteits-index (Ip)	% (m/m)	15	8	17	9	Wl - Wp
consistentie-index (Ic)	-	0,64	0,48	0,23	0,48	(Wl - W) / Ip
Opmerkingen: - Monstername boventafel is circa 1 m beneden berm en ondertafel is bovengrens van doorgroeiblokken						

Tabel 6.2. Huidige kleilaag buitentalud Koningin Emmapolder

Parameter	eenheid	dijkpaal 157 boventafel	dijkpaal 158 boventafel	dijkpaal 157 ondertafel	dijkpaal 158 ondertafel	methode van onderzoek
gehalte > 63 µm (zand)	% (m/m)	19,7	18,9	11,3	15,3	proef 2 RAW
gehalte < 16 µm	% (m/m)	40,3	42,3	46,0	45,5	proef 1 RAW
gehalte < 2 µm (lutum)	% (m/m)	17,9	18,8	22,1	19,2	proef 1 RAW
organische stof (H)	% (m/m)	7,5	7,2	5,7	11,2	proef 501 TAW
kalk ($CaCO_3$)	% (m/m)	14,6	13,4	12,2	12,2	proef 502 TAW
zoutgehalte in bodemvocht	g/l	0,028	0,009	2,0	4,7	proef 503 TAW
watergehalte (W)	% (m/m)	35,3	34,2	44,1	42,1	NEN 5122
vloeigrens (Wl)	% (m/m)	44	48	52	56	ETC5-N95.7/Cass
uitrolgrens (Wp)	% (m/m)	27	26	27	29	ETC5-N95.7/Cass
plasticiteits-index (Ip)	% (m/m)	17	22	25	27	Wl - Wp
consistentie-index (Ic)	-	0,51	0,63	0,32	0,51	(Wl - W) / Ip
Opmerkingen: - Monstername boventafel is circa 1 m beneden berm en ondertafel is bovengrens van doorgroeiblokken						

Tabel 6.3. Huidige kleilaag buitentalud Van Alsteinpolder

Indien deze analyse-resultaten worden vergeleken met de eisen zoals gesteld in hoofdstuk 6.1, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- alle kleimonsters van de huidige toplaag liggen in de buurt van de A-lijn
- alle kleimonsters van de huidige toplaag in de Koningin Emmapolder (dijkpaal 106-107) vallen in de klei-categorie 3 (slecht erosiebestendig)
- drie van de vier klei-monsters van de huidige toplaag in de Van Alsteinpolder (dp 157-158) vallen in de klei-categorie 1 (goed erosiebestendig), het vierde monster valt weliswaar in de klei-categorie 3 maar ligt vrij dicht in de buurt van de begrenzing voor de categorieën 1 en 2
- het watergehalte van de kleimonsters genomen ter hoogte van de bovenzijde van de doorgroeiblokken ligt circa 10 % (m/m) hoger dan het watergehalte van de kleimonsters genomen op circa 1 m beneden de berm en is duidelijk te hoog om zonder meer te mogen verwerken
- het kalkgehalte van alle kleimonsters ligt lager dan hetgeen als maximum is gesteld en het organische stofgehalte ligt slechts iets hoger dan is toegestaan

Tijdens de monstername is tevens de dikte van de kleilaag vastgesteld. In onderstaande tabel is de gemiddelde laagdikte van het huidige kleidek weergegeven.

	Emmapolder dijkpaal 106-107	Alsteinpolder dijkpaal 157-158
boventafel	85 cm	80 cm
ondertafel	60 cm	85 cm

Tabel 6.4. Gemiddelde kleilaagdikte huidige deklaag.

Naar aanleiding van de wens om zoveel mogelijk vrijkomende grondstoffen opnieuw te gebruiken wordt het volgende voorgesteld:

- De huidige klei in het buitentalud (beneden de berm) van de Koningin Emmapolder welke slecht erosiebestendige is, wordt desondanks als toplaag van maximaal 0,50 m in de nieuwe constructie hergebruikt. Hierbij moet er echter rekening mee worden gehouden dat de erosieschade zoals in hoofdstuk 7.3 is vastgesteld ongeveer 1,5 à 2 maal groter kan worden. Eventueel een overschot aan vrijgekomen klei uit het huidige talud mag niet in de nieuwe constructie worden verwerkt.
- In de Van Alsteinpolder wordt de huidige klei in het buitentalud gerekend tot goede erosiebestendige klei. Indien de zodenlaag voordien is verwijderd en de klei na afgraven schoon is weggezet, mag een eventueel overschot van deze klei worden verwerkt in de 2 m dikke onderlaag.
- Omdat de klei laag in het talud op beide locaties een te hoog vochtgehalte heeft, wordt aanbevolen om deze klei in dunne lagen (maximaal 0,5 m) weg te zetten. Afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en het tijdstip van uitvoering kan zo worden geprobeerd om het vochtgehalte van deze klei terug te brengen tot circa 30 à 35 % (m/m).

6.5 Onderzoek naar beschikbare erosiebestendige klei

In verband met onderzoek naar beschikbare klei waarmee de proefvakken aangelegd kunnen worden, zijn in de maand april 1998 van PBZ de analyse-resultaten ontvangen van een aantal kleien met het verzoek of deze in aanmerking komen. De bevindingen, welke op 29-04-1998 naar PBZ zijn gezonden, waren kort samengevat:

- Van Oord ACZ, betrof 1 monsteranalyse uit 1997 en is in principe **wel** geschikt
- Hedelsewaard, betrof 20 monsteranalyses uit 1995 en is **niet** geschikt
- Ezelswaarden, betrof 7 monsteranalyses uit 1995 en is **niet** geschikt
- De Steendert, betrof 3 monsteranalyses uit 1997 en is **mogelijk** geschikt
- Wageningen, betrof 2 monsteranalyses uit 1997 en is **waarschijnlijk niet** geschikt
- Heerewaarden, betrof 1 monsteranalyse uit 1996 en is **waarschijnlijk niet** geschikt
- Lekdijk-West (Varik), betrof 2 monsteranalyses uit 1997 en is in principe **wel** geschikt

Opgemerkt werd dat niet in alle gevallen een harde uitspraak kon worden gedaan over de geschiktheid van de klei. Dit had te maken met het soms zeer geringe aantal monsters en/of dat de analyseresultaten van te lang geleden zijn. Voorgesteld werd om van de kleien (locaties) welke eventueel wel geschikt zouden zijn, aanvullend onderzoek te laten uitvoeren conform de geldende normen.

Tijdens het nemen van kleimonsters in het huidige buitentalud van de proefvakken (zie hoofdstuk 6.4) zijn ook monsters genomen van eventueel beschikbare of elders nog vrij te komen klei bij verbeteringswerken. Tevens is een monster genomen uit het voorland bij de Van Alsteinpolder (dijkpaal 158). Deze monsters zijn eveneens door het materiaalkundig laboratorium van Fugro onderzocht en de resultaten (zie tabel 6.5) op 10-07-1998 per fax naar PBZ verzonden.

Parameter	eenheid	Alsteinpolder voorland dijkpaal 158	Otheensepolder depot Griete	Margarethapolder berm	methode van onderzoek
gehalte > 63 µm (zand)	% (m/m)	16,8	41,5	24,9	proef 2 RAW
gehalte < 16 µm	% (m/m)	42,9	28,5	37,2	proef 1 RAW
gehalte < 2 µm (lutum)	% (m/m)	18,4	14,8	19,7	proef 1 RAW
organische stof (H)	% (m/m)	6,9	3,0	2,4	proef 501 TAW
kalk ($CaCO_3$)	% (m/m)	13,5	10,9	6,5	proef 502 TAW
zoutgehalte in bodemvocht	g/l	190	0,070	0,057	proef 503 TAW
watergehalte (W)	% (m/m)	61,6	21,8	20,2	NEN 5122
vloeigrens (Wl)	% (m/m)	51	30	34	ETC5-N95.7/Cass
uitrolgrens (Wp)	% (m/m)	26	17	18	ETC5-N95.7/Cass
plasticiteits-index (Ip)	% (m/m)	25	13	16	Wl - Wp
consistentie-index (Ic)	-	-	0,63	0,86	(Wl - W) / Ip
Opmerkingen: - Van zoutgehalte nog geen gegevens beschikbaar					

Tabel 6.5. Analyse-resultaten diverse beschikbare kleien.

Op basis van deze gegevens en de in hoofdstuk 6.1 gestelde eisen, kan het volgende worden geconcludeerd:

- De klei in het voorland van de Van Alsteinpolder kan worden gerekend tot de klei-categorie goed erosiebestendig. De klei is echter nog ongerijpt zodat rekening gehouden moet worden met een rijpingsperiode van circa 1 jaar, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden. Ten aanzien van het hoge zoutgehalte zal echter een langere periode nodig zijn om door uitspoeling ten gevolge van neerslag het zoutgehalte op een aanvaardbaar niveau te krijgen.
- De kleien uit het depot Griete (Otheensepolder) en de berm van de Margarethapolder moeten op basis van deze analyse-resultaten gerekend worden tot de klei-categorie slecht erosiebestendig en zijn dus niet geschikt voor toepassing in de aan te leggen proefvakken.

7. Het ontwerp

7.1 Taludhelling en bermbreedte

Bij het vast stellen van de taludhelling moet rekening worden gehouden dat het voorland een natuurgebied is, waarin zo min mogelijk verstoring mag plaatsvinden. Anderzijds moet rekening worden gehouden met de te verwachten erosie onder maatgevende omstandigheden t.g.v. golfoploop c.q. terugloop en de vermindering hiervan bij een flauwer talud. Na overleg met een aantal deskundigen wordt er voorlopig van uitgegaan dat een taludhelling van 1:6 à 1:7 haalbaar moet zijn.

Het verflauwen van een talud heeft ook een verminderde golfoploop tot gevolg. Indien ervan wordt uitgegaan dat de mate van golfoploop na het verflauwen van de taludhelling gelijk blijft, kan de bermbreedte worden versmald. Berekend is de minimale bermbreedte bij een bepaalde taludhelling, waarbij de mate van golfoploop gelijk blijft. De minimale bermbreedte is samen met de verplaatsing van het talud aan de teen ter hoogte van de opsluitconstructie in tabel 7.1 vermeld, zowel met handhaving van de huidige bermbreedte als met aangepaste bermbreedte. Opgemerkt moet worden dat de huidige opsluitconstructie circa 0,5 m beneden het huidige maaiveld ligt. Tevens is in tabel 7.1 de taludlengte vermeld gerekend vanaf de berm op NAP+6,25 m tot de opsluitconstructie op NAP+2,20 m.

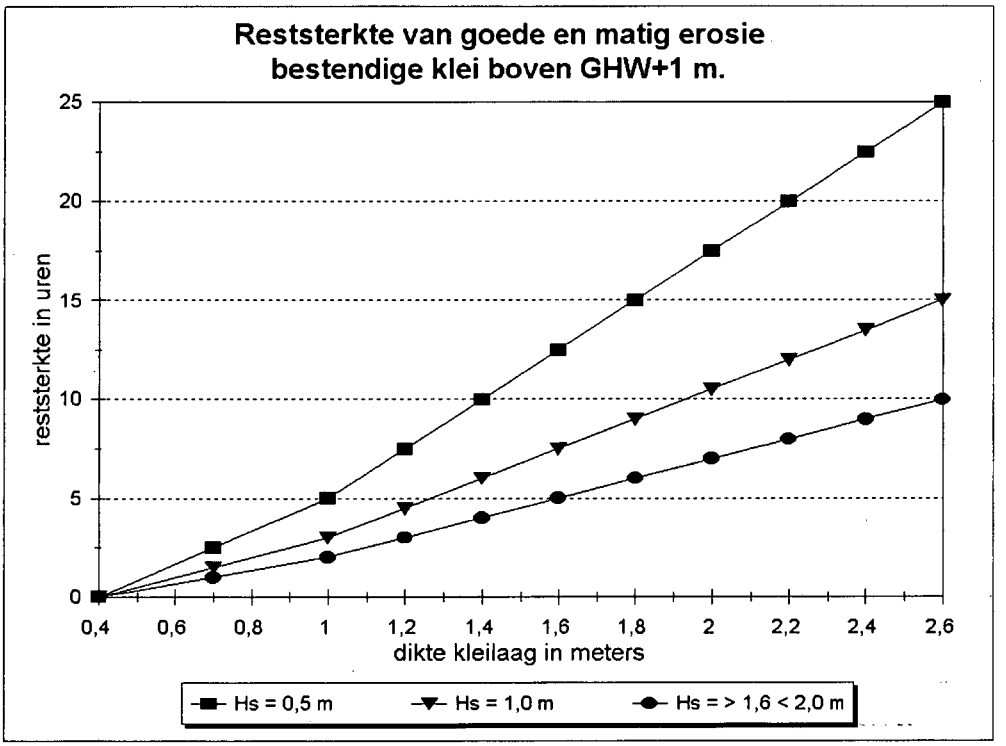
Taludhelling	verplaatsing teen bij huidige bermbreedte	bermbreedte bij gelijke mate van golfoploop	verplaatsing teen met aangepaste bermbreedte	taludlengte
1 : 4	0 m	7,5 m	0,0 m	16 m
1 : 5	4 m	6,8 m	3,3 m	20 m
1 : 6	8 m	6,1 m	6,6 m	24 m
1 : 7	12 m	5,5 m	10,0 m	28 m
1 : 8	16 m	4,8 m	13,3 m	32 m

Tabel 7.1 Verplaatsing van de teen naar buiten zonder en met aanpassing bermbreedte.

Nadien zijn volgens andere inzichten nieuwe berekeningen uitgevoerd met als uitgangspunt een gelijke mate van golfoploop. Volgens deze berekeningen zou de bermbreedte nog verder versmald kunnen worden. Als minimale waakhoogte bij 2% golfoploop is hierbij een hoogte van 2,13 m berekend. Omdat de bij deze berekeningen gehanteerde formules nog niet openbaar en veranderingen nog mogelijk zijn, worden de eerder berekende bermbreedtes voor het ontwerp aangehouden. Naar verwachting zal de rapportage m.b.t. deze nieuwe rekenmethode medio 1999 beschikbaar zijn, waarna een en ander opnieuw berekend zal worden.

7.2 Dikte kleilaag

Uitgaande van de maximale belastingduur onder maatgevende omstandigheden (zie hoofdstuk 4.1) kan de minimaal benodigde kleilaagdikte worden vastgesteld volgens tabel 2.2.5.1 in katern 8 van de LTV. In deze tabel wordt echter alleen onderscheid gemaakt tussen slecht en goed tot matig erosiebestendige klei. De eventuele verschillen tussen goede en matige erosiebestendige klei komen niet tot uiting. Naast de erosiebestendigheid is ook de toepassingshoogte (toetsniveau) t.o.v. gemiddeld hoogwater en de golfhoogte van invloed op de kleilaagdikte. Voor beide demonstratievakken wordt ervan uitgegaan dat de toe te passen klei tenminste in de klei-categorie goed erosiebestendig moet vallen en boven gemiddeld hoogwater wordt toegepast. De in tabel 2.2.5.1 van de LTV genoemde waarden zijn in onderstaande grafiek weergegeven, waaruit m.b.v. de belastingduur (reststerkte) de vereiste kleilaagdikte kan worden bepaald. Omdat in de LTV de dikte van de kleilaag tot slechts 1,2 m wordt gegeven, zijn de waarden in de grafiek geëxtrapoleerd. In theorie zal dit tot een dikkere kleilaag leiden dan strikt noodzakelijk is. Dit omdat de erosiebestendigheid van diepere kleilagen door minder structuurvorming toeneemt. Door deze benaderingswijze wordt in ieder geval een veilige constructie verkregen.



Figuur 7. 1

Uitgaande van de in hoofdstuk 4.1 bepaalde belastingduur (reststerkte) is met behulp van figuur 7.1 de minimaal benodigde kleilaagdikte op drie niveaus bepaald.

Toetsniveau	Hs (m)	taludhelling 1 : 4		taludhelling 1 : 6		taludhelling 1:8	
		reststerkte	kleilaagdikte	reststerkte	kleilaagdikte	reststerkte	kleilaagdikte
NAP+3,50 m	± 0,50	11,8 uur	1,55 m	9,2 uur	1,35 m	7,9 uur	1,25 m
NAP+5,00 m	± 1,00	13,7 uur	2,40 m	8,3 uur	1,70 m	4,2 uur	1,15 m
NAP+6,50 m	± 1,60	11,1 uur	>2,6 m	4,8 uur	1,55 m	3,9 uur	1,40 m

Tabel 7.2 Minimale kleilaagdikte onder maatgevende omstandigheden

Als minimale kleilaagdikte onder maatgevende omstandigheden geldt dus;
- bij een helling van 1:4 een dikte van meer dan 2,60 m
- bij een helling van 1:6 een dikte van tenminste 1,70 m
- bij een helling van 1:8 een dikte van tenminste 1,40 m

Uit deze gegevens blijkt eveneens dat de laagdikte sterk afhankelijk is van de taludhelling. Bij een steiler talud dan 1:6 neemt de benodigde kleilaagdikte aanzienlijk toe. Bij de keuze van de taludhelling speelt naast de kleilaagdikte ook het ruimtebeslag op het voorland (zie 3.2.2) een grote rol. Een taludhelling van 1:6 met een laagdikte van 1,7 m lijkt dan ook het meest optimale voor de proefvakken.

Omdat in hetzelfde jaar (stormseizoen) voorafgaand aan een maatgevend hoogwater (kans van voorkomen 1 maal in de 4000 jaar) door eerdere stormen eveneens erosieschade kan zijn opgetreden, moet de dikte van de kleilaag groter zijn dan de voor maatgevende omstandigheden benodigde kleilaagdikte.

Voor het bepalen van deze extra laagdikte spelen de volgende overwegingen een belangrijke rol:
- voor het vaststellen van erosieschade tijdens eerdere stormen in het zelfde jaar wordt een kans van voorkomen aangehouden welke gelijk is aan de gebruiksperiode, namelijk 1 maal per 50 jaar

- bij extrapolatie van de reststerkte is geen rekening gehouden met het toenemen van de erosiebestendigheid van diepere kleilagen
- in de LTV wordt geen onderscheid gemaakt tussen goede en matig erosiebestendige klei
- momenteel wordt de rekenmethode voor de reststerkte van klei onder een graszode opnieuw bekeken waardoor waarschijnlijk met een iets dunnere kleilaag kan worden volstaan
- voor het vaststellen van de minimale dikte van de goede erosiebestendige kleilaag wordt geen rekening gehouden met de extra kleilaag (toplaag) welke in het kader van hergebruik bovenop de erosiebestendige kleilaag wordt aangebracht, dit omdat aan deze klei geen eisen t.a.v. erosiebestendigheid gesteld worden

Op grond van het voorgaande en rekening houdende met de mate van erosie bij een storm met een kans van voorkomen van 1 maal in de 50 jaar (zie hoofdstuk 7.3), wordt als extra laagdikte voor de onderlaag van 0,30 m als voldoende beschouwd. De totale dikte van de onderlaag welke dient te worden opgebouwd uit goede erosiebestendige klei komt daarmee op 2 meter.

Op deze 2 meter dikke onderlaag komt een toplaag van 0,5 m. Deze toplaag is de huidige kleilaag in het buitentalud ter plaatse van de vakken en wordt hergebruikt. Aan deze kleilaag worden geen eisen t.a.v. erosiebestendigheid gesteld en mag in de loop der tijd geheel eroderen. Voor een algemeen dwarsprofiel van het ontwerp wordt verwezen naar bijlage 6.

7.3 Schadeverwachting en minimaal profiel

Voorop gesteld moet worden dat het ontstaan en de mate van erosieschade van veel meer factoren afhankelijk is dan alleen van de belastingduur en de golfhoogte. Factoren welke de erosie kunnen beïnvloeden zijn o.a. erosiebestendigheid van de klei, vegetatie, ligging, structuurvorming, graverij, beweiding, beheer, veek, meteorologische omstandigheden etc.

Voor het vaststellen van de schadeverwachting ten gevolge van waterstanden onder dagelijkse omstandigheden (jaarlijks) en hoger, wordt daarom gebruik gemaakt van ervaringen, aannamen en afgeleide gegevens uit de LTV.

Ten aanzien van ervaring over de mate van erosieschade aan het buitentalud van de dijk grenzend aan het Verdronken Land van Saeftinge kan worden opgemerkt dat deze dijk in het verleden eveneens een zogenaamde groene dijk was. Uit de verslagen over de zeeweringen in de provincie van Zeeland is gebleken dat in de periode vanaf 1965 tot het moment dat het buitentalud van een betonglooiing werd voorzien (1983) geen schade aan het buitentalud is vermeld. In het verslag zeeweringen over de periode 1989 t/m 1993 wordt wel schade aan het buitentalud gemeld. Deze schade had betrekking op het plaatselijk onverdedigde buitentalud van het dijkvak langs de Hertogin Hedwigepolder na inundatie van de Selenapolder, welke was ontstaan tijdens de Crocus-stormvloedperiode in 1990. Deze stormvloed was met een waterstand van NAP+3,84 m te Vlissingen de op één na hoogste na de stormramp van 1953 en komt volgens tabel 4.3 eenmaal per 10 jaar voor. Aan de hand van een foto in het desbetreffende verslag [12] kan worden vastgesteld dat de toen opgetreden erosieschade t.h.v. de hoogwaterlijn 10 tot 20 cm bedroeg. Gezien de opgetreden waterstanden in die periode en de leeftijd van de dijk (aanlegperiode 1986-1988) valt de mate van schade op zich wel mee. Opgemerkt moet echter worden dat de golfhoogte hier ten gevolge van de gasdam lager kan zijn geweest dan voor beide proefvakken bij een gelijke waterstand is bepaald en de mate van erosiebestendigheid van de klei niet bekend is.

Voor het vaststellen van erosieschade welke onder dagelijkse omstandigheden in een periode van één jaar kan optreden, kan geen gebruik worden gemaakt van de LTV. Dit omdat hierin geen reststerkte voor klei wordt gegeven voor golfhoogten lager dan 0,5 m. Ook voor golfhoogten rond de 0,5 m kan op grond van ervaring (1990) de in de LTV genoemde reststerkte voor klei niet zonder meer worden gebruikt.

Rekening houdend met bovengenoemde aspecten en uitgaande van goede erosiebestendige klei wordt rond de hoogwaterlijn het volgende verwacht:

1. Erosieschade welke onder dagelijkse omstandigheden kan ontstaan, is naar verwachting niet meer dan circa 10 cm gerekend in de diepte t.o.v. het oorspronkelijke profiel. Onder dagelijkse omstandigheden wordt verstaan de optredende belastingen welke in één jaar kunnen optreden, zie hiervoor hoofdstuk 4.3.
2. De erosieschade ten gevolge van een waterstand en windsnelheid met een kans van voorkomen van 1 maal per 2 jaar tot 1 maal per 5 jaar (zie hoofdstuk 4.2), zal naar verwachting tussen de 10 en 15 cm bedragen.
3. Bij waterstanden en golfhoogten met een kans van 1 maal per 10 jaar tot 1 maal per 50 jaar wordt een erosieschade tussen de 20 en 30 cm verwacht.

Hierbij gelden nog de volgende aannamen:

- uitgegaan is van goede tot matig goede erosiebestendige klei, indien de erosiebestendigheid van deze klei slecht blijkt te zijn kan de erosieschade ongeveer 1,5 tot 2 maal meer bedragen
- de vegetatielaag boven de veekrand verkeert in een redelijke staat
- het talud heeft een helling van 1 op 6
- er is geen rekening gehouden met graverij door muskusratten en/of konijnen.
- eventueel herstel van in het vorige stormseizoen opgetreden erosieschade die het minimale profiel benaderen vindt zo vroeg mogelijk in de zomer plaats

In bijlage 7 is een samenvatting gegeven van de verwachtte erosieschade met daarbij de hydraulische belastingen en de kans op voorkomen.

In afwachting van een betere rekenmethode voor de belastingsduur (reststerkte) van klei onder een graszode, dient als minimaal profiel de bovenkant van de 2 m dikke erosiebestendige kleilaag te worden aangehouden. Dit houdt in dat de 0,5 m dikke toplaag geheel mag eroderen voordat tot herstel moet worden overgegaan.

7.4 Stabiliteit

In eerste instantie was het de bedoeling om de huidige blokkenbekleding te handhaven en de benodigde kleilaag hierop aan te brengen. Gezien de benodigde vrij grote laagdikte is dit niet mogelijk. Bovendien wordt dit afgeraden omdat over de bovenkant van de blokken gemakkelijk een glijvlak kan ontstaan.

Gezien het hoge voorland en de helling van 1 op 6 wordt indien de huidige blokkenbekleding wordt verwijderd geen stabiliteitsverlies van het buitentalud verwacht.

7.5 Aanleg- en herstelkosten

In een eerdere notitie van Werkgroep Kennis aan het Projectbureau Zeeweringen (d.d. 24-12-1997) is een raming gemaakt van de aanleg- en herstelkosten. Hierin is gesteld dat de kosten van een kleibekleding vergeleken kunnen worden met de aanlegkosten van een normale (betonzuilen) bekleding. Bij deze kostenafweging dient bij een kleibekleding naast de aanlegkosten rekening te worden gehouden met herstelkosten van schade aan het kleipakket. De kosten hiervoor zijn afhankelijk van het aantal maal dat klei moet worden aangevuld gedurende een gebruiksperiode van 50 jaar en van het aantal m^3 dat per keer moet worden aangebracht.

Vooruitlopend op de resultaten van de monitoring wordt ervan uitgegaan dat in een periode van 50 jaar 2 maal een aanvulling van 5 m^3 klei per strekkende meter dijk noodzakelijk is. Hierbij is ervan uitgegaan dat de klei behoort tot de categorie goed erosiebestendig. In tabel 7.3 zijn de globale kosten weergegeven.

	harde bekleding	kleibekleding (2 m dik)
aanlegkosten per m^2	f 150,- per m^2	f 30,- per m^3
taludhelling / -lengte	1 : 4 / 16 m	1 : 6 / 24 m
aanlegkosten per m^1 dijk	f 2400,-	f 1440,-
herstelkosten per m^1 dijk	-	f 300,-

Tabel. 7.3. Aanleg- en herstelkosten.

De totale aanlegkosten voor beide proefvakken met een totale lengte van 600 m zou op basis van deze gegevens circa 1 miljoen gulden bedragen. Voor herstelkosten gedurende 50 jaar zou voor beide vakken een bedrag van circa f 180.000,- moeten worden gereserveerd.

De onderhoudskosten aan een harde bekleding en de kosten voor het maaien van de grasmat bij een kleibekleding, zijn vooralsnog buiten beschouwing gebleven. Verwacht wordt dat deze grotendeels tegen elkaar weg zullen vallen. Bovendien zou dan ook de ecologische meerwaarde verrekend moeten worden. Na de monitoringsperiode kunnen deze aspecten in het evaluatierapport alsnog worden meegenomen.

Voor de monitoringskosten bij aanleg van de proefvakken wordt verwezen naar hoofdstuk 9.7.

7.6 Verwachting aanlegduur

Tijdens de uitvoering worden o.a. vrij strenge eisen gesteld t.a.v. het laagsgewijs aanbrengen van de klei en aan de verdichtingsgraad. Dit kan van grote invloed zijn op de benodigde aanlegtijd van de proefvakken. In deze paragraaf is daarom een globale tijdsplanning opgenomen van de uit te voeren werkzaamheden. In onderstaande tabel is de tijdsplanning per proefvak met een lengte van 300 m weergegeven, waarin de benodigde tijd voor het verdichten vooralsnog buiten beschouwing is gelaten.

Globale werkzaamheden	hoeveelheid	benodigde tijd [1)]
Verwijderen en afvoeren betonblokken en opsluitconstructies		2 dagen
Afgraven klei huidige deklaag en opzij zetten	5.000 m3	5 dagen
Afgraven zandbed en afvoeren c.q. transport naar vluchtplaats	10.000 m3	10 dagen
Aanbrengen en profileren erosiebestendige klei in 5 lagen van 40 cm	15.000 m3	15 dagen
Aanbrengen en profileren toplaag in 2 lagen van	4.000 m3	4 dagen
TOTAAL		36 dagen
[1)] uitgaande van een gemiddeld verzet per dag door een hydraulische kraan van circa 1000 m^3 in profiel gemeten (volgens polytechnisch zakboekje)		

Tabel 7.4. Globale aanlegtijd per proefvak.

Het totaal aantal werkdagen nodig voor de aanleg van één proefvak en bij het inzetten van één hydraulische kraan bedraagt volgens bovenstaande benadering circa 36 dagen (7 weken). Om te bezien of de benodigde tijd voor het verdichten binnen de tijd (19 dagen) voor het aanbrengen en profileren van de verschillende lagen valt, is hieronder nog een berekening van de verdichtingstijd opgenomen. Bij deze berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- uitgegaan wordt van het minimaal aantal overgangen zoals in hoofdstuk 6.2 is gesteld
- verdichting wordt met één bulldozer uitgevoerd welke een rupsbreedte heeft van 0,5 m waardoor de verdichtingsbreedte per gang 1 m bedraagt
- de gemiddelde snelheid van de bulldozer is geschat op 50 m/min (3 km/uur)
- de vaklengte is 300 m en de vakbreedte is 25 m

Volgens deze uitgangspunten bedraagt de benodigde verdichtingstijd in lengterichting 6 min per gang (300 m : 50 m/min). De benodigde verdichtingstijd van de onderlaag (goede erosiebestendige klei) welke in 5 lagen wordt aangebracht en met 8 overgangen wordt verdicht, bedraagt dan circa 12,5 dagen (6 x 5 x 8 x 25 in minuten). Voor de bovenlaag welke in 2 lagen wordt aangebracht en elk met 4 overgangen wordt verdicht bedraagt de verdichtingstijd circa 2,5 dag (6 x 2 x 4 x 25 minuten). Alhoewel dit een vrij gunstig beeld geeft t.o.v. de werkelijke methode van uitvoering (in talud van boven naar beneden rijden) hoeft de verdichting van de klei

geen belemmerende factor te zijn. Voorwaarde is wel dat de hydraulische kraan en de bulldozer gelijktijdig opwerken.

Het inzetten van meer materieel voor het aanbrengen en verdichten van de klei per proefvak kunnen de werkzaamheden wel versnellen, maar vraagt indien men op beide proefvakken tegelijkertijd aan het werk is extra inzet van mensen die de controlemetingen uitvoeren. Bovendien kunnen dan logistieke problemen ontstaan bij de aanvoer van de benodigde klei, zie hoofdstuk 7.7.

7.7 Risico's tijdens aanleg

Bij risico's welke van invloed kunnen zijn op de uitvoering en de voortgang van de werkzaamheden, kan worden gedacht aan:
- geen geschikte klei
- logistieke problemen (transport, opslag)
- hergebruik klei te nat
- hoge waterstanden
- neerslag
- zandafvoer

Geen geschikte klei

Indien de aannemer niet tijdig kan aantonen (zie ook hoofdstuk 9.1) dat hij over goede erosiebestendige klei kan beschikken of dat deze bepaling niet volgens de RAW-richtlijnen is uitgevoerd, kan de aanleg van de proefvakken in gevaar komen. Door vroegtijdig aan te besteden of om al voor de gunning van het werk informatie hierover van de aannemer te eisen, kan dit risico worden beperkt.

Logistieke problemen (transport, opslag)

Logistieke problemen kunnen zich voordoen bij het transport van de grote hoeveelheden klei welke voor beide proefvakken moeten worden aangevoerd. Alhoewel dit in principe een probleem is van de aannemer, kan de wijze van uitvoering ernstige gevolgen hebben voor omwonenden op de route en/of voor de kwaliteit van de weg. Uitgaande van een 2 m dik verdicht kleipakket voor beide proefvakken is circa 30.000 m^3 klei nodig. In onverdichte toestand is dit tussen de 40.000 en 50.000 m^3, hetgeen neerkomt op circa 3000 vrachtwagenladingen (1500 per proefvak) bij een bakinhoud van 15 m^3. Indien deze klei in 15 dagen (zie hoofdstuk 7.6) moet worden aangevoerd, betekent circa 100 wagens per dag per proefvak. Uit logistiek oogpunt zou het daarom wenselijk zijn om in de nabijheid van de proefvakken bij voorbaat een tweetal opslagterreinen voor de klei in te richten.

Hergebruik klei te nat

Uit een in juni en juli 1998 gehouden onderzoek naar de huidige klei op het buitentalud van de beide locaties (zie 6.4), is gebleken dat de klei met name laag in het talud vrij nat is. Naar verwachting zal de klei onder de huidige blokkenbekleding een nog hoger vochtpercentage hebben. Aangeraden wordt om de klei zo snel mogelijk na aanvang van de werkzaamheden af te graven en in dunne lagen (max. 0,5 m) weg te zetten, zodat het vochtgehalte kan afnemen.

Hoge waterstanden

Bij hoge waterstanden wordt gedacht aan waterstanden welke tot boven de gemiddelde hoogte van het voorland stijgen. Aan de hand van de in juni 1998 gemeten dwarsprofielen is gebleken

dat de gemiddelde hoogte van het voorland direct nabij de teen voor de locatie Koningin Emmapolder op circa NAP+3,30 m ligt en voor de locatie Van Alsteinpolder op circa NAP+2,80 m. Voor het aanbrengen van het kleidek dient het voorland tot 2,00 m beneden het huidige maaiveld te worden afgegraven, hetgeen inhoud dat extra maatregelen genomen moeten worden om tijdens de uitvoering de ontgraving droog te houden. Dit kan door de te ontgraven grond als een tijdelijke kade op het voorland weg te zetten en permanent een pomp van voldoende capaciteit beschikbaar te houden om kwelwater weg te pompen. Gezien de relatief hoge ligging van het voorland op beide locaties en de qua weersomstandigheden gunstige periode van uitvoering (juli/augustus), is het risico van hoge waterstanden tijdens uitvoering op deze wijze vrij gering. Het risico kan desgewenst nog worden verkleind door de werkzaamheden aan de teen zodanig te plannen dat deze samenvallen met doodtij (zie getijtafel).

Neerslag

Alhoewel de uitvoering van de werkzaamheden in de zomermaanden (juli/augustus) zullen worden uitgevoerd, kunnen grote hoeveelheden neerslag met name tijdens onweersbuien in deze periode de werkzaamheden beïnvloeden. Zoals ook in hoofdstuk 6.2 is vermeld dient de klei zodanig te worden aangebracht dat er geen plassen op kunnen blijven staan. Tijdens zware regenval dient het aanbrengen en verdichten van de klei dan ook tijdelijk te worden stil gelegd. Aangezien zulke buien veelal van korte duur zijn en indien met het voorgaande rekening wordt gehouden, zal het risico van neerslag op de voortgang en de kwaliteit gering zijn.

Zandafvoer

Tijdens de uitvoering komt een vrij grote hoeveelheid grond (totaal circa 15.000 m^3 zand) vrij, welke getransporteerd moet worden naar de aan te leggen buitendijks gelegen hoogwatervluchtplaats voor vee en/of een depot. Dit transport zal deels over de weg en deels over de buitenberm van de dijk moeten plaatsvinden. Hiervoor zijn extra voorzieningen noodzakelijk, zoals een tijdelijke afrit naar het schor, eventueel rijplaten op de buitenberm etc.

8. Vegetatie

8.1 Vegetatielaag

De bovenste circa 0,50 m wordt gerekend tot de toplaag of de vegetatielaag. Deze laag is de huidige kleibekleding welke uit hergebruikdoelstelling over de 2 m dikke kleilaag wordt aangebracht. Voor een vegetatielaag worden doorgaans andere eisen gesteld dan aan een onderlaag. Om te kunnen beoordelen tot welke kleicategorie de huidige kleibekleding behoort, zijn een aantal monsters geanalyseerd (zie hoofdstuk 6.4). In tabel 8.1 zijn deze resultaten (gemiddelde waarden) opgenomen samen met de eisen welke gesteld worden aan klei voor een vegetatielaag.

	Huidige kleidek		Eisen vegetatielaag
	Emmapolder	Alsteinpolder	
Zand	36 % (m/m)	16 % (m/m)	≤ 50 % (m/m)
lutum	15 % (m/m)	20 % (m/m)	8 - 25 % (m/m)
organische stof	5 % (m/m)	8 % (m/m)	≤ 3 % (m/m)
consistentie-index (Ic)	0,45	0,49	≥ 0,50
zoutgehalte (NaCl)	0,7 g/liter bodemvocht	1,7 g/liter bodemvocht	≤ 4 g/liter bodemvocht
kalkgehalte (CaCO3)	13 % (m/m)	13 % (m/m)	1 - 6 % (m/m)
zuurgraad	-	-	6 - 8 pH
Opmerkingen: - zuurgraad is niet vastgesteld			

Tabel 8.1 Grondparameters van de toplaag

Voor het aanbrengen en verdichten van de toplaag of vegetatielaag wordt verwezen naar hoofdstuk 6.2.

Om te voorkomen dat in de her te gebruiken kleilaag zeer veel organisch materiaal komt, moet het buitentalud van de huidige dijk nog voor het afgraven worden gemaaid waarbij het maaisel wordt afgevoerd.

8.2 Soorten

Omdat de huidige kleibekleding weer als toplaag wordt hergebruikt, zal een deel van de oorspronkelijke vegetatie weer terugkomen. Voor de thans op het talud voorkomende vegetatiesoorten wordt verwezen naar hoofdstuk 2.4.

Daarnaast kan worden overwogen om het talud na afwerken in te zaaien met een mengsel van bijvoorbeeld kweldergras, veldbeemdgras, beemdlangbloem en rood zwenkgras.

Voor de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie op een nieuw aangelegd talud moet circa 3 tot 5 jaar worden gerekend.

8.3 Beheer en onderhoud

Voor de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie op de proefvakken is een juist beheer van essentieel belang. Zo moet bemesten achterwege blijven en het maaisel altijd worden afgevoerd. Ook moet het beheer door de jaren heen niet al te veel veranderen. Wanneer en hoe vaak er gemaaid moet worden is echter ook afhankelijk van de grondsoort. Op schrale gronden is 1 maal maaien eind augustus of begin september voldoende. Op voedselrijkere wat zwaardere gronden moet 2 maal worden gemaaid, de eerste maal rond half juni en de tweede maal eind augustus of begin september. Dit schema moet echter niet te star worden aangehouden, daar bijzondere omstandigheden aanpassing van het maaischema noodzakelijk kan maken.

Aangezien het maaibeleid op beide proefvakken van meer factoren afhankelijk is (broedseizoen en schade-inspecties), wordt er voorlopig van uitgegaan dat er slechts eenmaal gemaaid zal worden. Om voldoende tijd tussen de schade-inspectie en eventueel herstel te hebben, mag het maaien echter niet later dan in augustus plaatsvinden. Bovendien moet het maaisel direct (i.v.m. inspectie) worden afgevoerd en mogen er geen chemische bestrijdingsmiddelen worden toegepast.

Eventueel aangespoeld veek, met name op de locatie Koningin Emmapolder, wordt in principe niet geruimd. Tijdens de inspecties zal het noodzakelijk kunnen zijn om een deel van de veek te verwijderen om de onderliggende kleilaag te inspecteren.

8.4 Te monitoren aspecten

Voor de te monitoren aspecten t.a.v. grasmatten kan gebruik worden gemaakt van de LTV (katern 8, 4.2). Hierin wordt voor het tijdstip van de vegetatieopnamen (plantensoorten) de maanden mei en juni als de meest geschikte periode genoemd. Voor het wortelonderzoek wordt als de beste periode de maanden augustus en september genoemd. Hieruit volgt dat de monitoring van de vegetatie niet in dezelfde periode zal kunnen plaatsvinden als de monitoring van de doorworteling. De monitoring van de doorworteling kan daarom het beste gelijktijdig met de schade-inspecties (periodieke metingen) plaatsvinden (zie hoofdstuk 9.5).

Voor de wijze waarop de vegetatieopnamen en het bepalen van de doorworteling kan worden uitgevoerd, wordt verwezen naar de LTV.

9. Monitoring

9.1 Vooronderzoek winplaats klei

Om in een vroeg stadium te kunnen beoordelen of de te gebruiken klei geschikt is als verdediging van een buitentalud, is vooronderzoek op de winplaats of in het depot noodzakelijk. Bij dit vooronderzoek mogen voor het bepalen van de kleicategorieën t.a.v. erosiebestendigheid geen mengmonsters worden gebruikt. Dit om een indruk te krijgen over de spreiding van de eigenschappen in de winplaats. Het aantal boringen op een winplaats of een depot is afhankelijk van de oppervlakte en de laagdikte, maar bestaat uit tenminste 3 boringen over de volle laagdikte. Bij een laagdikte tot 5 m dient tenminste één boring per 1000 m^2 te worden uitgevoerd en bij een laagdikte van 5 m of meer ten minste één boring per 5000 m^3. Voor het verkrijgen van de monsters wordt de klei over een boordiepte van maximaal 0,50 m tot één monster samengevoegd. Indien op grond van visuele waarnemingen een laagscheiding wordt geconstateerd, dient vanaf deze scheiding een nieuw monster te worden genomen. Voor de methode van monsterneming en de verslaggeving wordt verwezen naar NEN 5119 'Geotechniek, Boren en monsterneming in grond'.

Indien de klei een blauwe of grijze kleur heeft is het watergehalte vaak te hoog om de klei direct te verwerken. Deze klei dient eerst gedroogd te worden tot het gewenste watergehalte alvorens deze verwerkt kan worden. Het drogen van dergelijke klei verloopt onder Nederlandse omstandigheden het snelst als de klei in niet te dikke lagen boven de grondwaterstand in een tijdelijk depot wordt gebracht. Tijdens het drogen van de klei in depot dient het watergehalte regelmatig te worden bepaald. Omdat tijdens het drogen (rijpen) van de klei de Atterbergse grenzen veranderen, dienen ook deze een aantal maal opnieuw te worden bepaald.

Ter bepaling van de aard van het materiaal op de winplaats of een depot dienen de volgende parameters te worden bepaald; de korrelverdeling (inc. $<63\mu m$), het watergehalte, het organische stofgehalte, het kalkgehalte, het zoutgehalte, de in-situ dichtheid, de proctordichtheid en de atterbergse grenzen. Aan de hand van deze gegevens kan volgens hoofdstuk 6 de mate van erosiebestendigheid worden bepaald.

Gebruikelijk is dat de aannemer de directie schriftelijk meedeelt van welke producenten en uit welke winplaats de klei zal worden betrokken. Vervolgens wordt door of in opdracht van de aannemer een vooronderzoek uitgevoerd ter beoordeling van de klei. Een en ander conform de bepalingen zoals gesteld in de RAW 1995 (wijziging november 1998, hoofdstuk 22, paragraaf 01 t/m 07).

Om verzekerd te zijn dat een aannemer over voldoende erosiebestendige klei zal kunnen beschikken, is met PBZ bepaald dat al bij inschrijving door de aannemer(s) moet worden aangetoond dat zij hieraan kunnen voldoen. Vervolgens zal na een eerste beoordeling en een selectie het depot of winplaats door een onafhankelijk bureau opnieuw worden bemonsterd en de fysische eigenschappen van de klei bepaald. Dit onderzoek zal in opdracht van PBZ worden uitgevoerd.

9.2 Vooronderzoek op de locatie

Om de huidige situatie vast te leggen, is het meten van een aantal dwarsprofielen noodzakelijk. De profielen moeten ten minste het dijkgedeelte tussen midden kruin tot circa 10 m uit de teen beslaan, waarin tevens de werkelijke overgang van harde naar grasbekleding moet worden vastgelegd. De profielen dienen naar NAP te worden omgerekend. *Inmiddels zijn in elk van de twee proefvakken 2 nieuwe dwarsprofielen gemeten (juni 1998).*

Aan de hand van de in juni 1998 gemeten dwarsprofielen is het volgende vastgesteld:

- De twee dwarsprofielen welke op de locatie Van Alsteinpolder zijn gemeten, één t.p.v. dijkpaal 157 en de ander t.p.v. dijkpaal 158+30m komen nagenoeg overeen.

- De twee dwarsprofielen gemeten op de locatie Koningin Emmapolder, één t.p.v. dijkpaal 106 en de ander t.p.v. dijkpaal 107 wijken op enkele punten van elkaar af. Zo heeft de berm t.p.v. dijkpaal 106 een breedte van ruim 15 m, terwijl deze t.p.v. dijkpaal 107 slechts een breedte heeft van 7,3 m. Ook de kruinhoogte is verschillend. Ter plaatse van dijkpaal 106 ligt deze op NAP+9,50 m en t.p.v. dijkpaal 107 op NAP+9,30 m.

Ter vergelijking met het dwarsprofiel (bijlage 1) welke aan de hand van de bestekstekeningen t.b.v. de in de periode 1982-1984 uitgevoerde dijkverbetering is gemaakt, zijn in onderstaande tabel de belangrijkste profielkenmerken opgenomen.

	volgens bestek [2] zie hfdst.2.3	Van Alstein-polder [3]	Koningin Emmapolder [3]	
			dp 106	dp 107
kruinhoogte [1]	+8,80 m	+9,15 m	+9,50 m	+9,30 m
boventalud	1 : 4	1 : 4	1 : 3,6	1 : 3,6
bermbreedte	7,5 m	6,9 m	15,4 m	7,3 m
bermhelling	1 : 15	1 : 14	1 : 15	1 : 15
bermhoogte [1]	+6,75 m +6,25 m	+7,15 m +6,65 m	+7,10 m +6,50 m	+6,90 m +6,40 m
benedentalud	1 : 4	1 : 3,8	1 : 3,9	1 : 3,9
bovenkant harde bekleding [1]	+3,75 m	+3,80 m	+4,05 m	+4,00 m
hoogte voorland [1]	+2,70 m	+2,85 m	+3,40 m	+3,25 m

[1] hoogten t.o.v. NAP
[2] zie bestekstekeningen dijkverbetering 1982-1984 Wp Hulster Ambacht Z_D57 en Z_D62
[3] gemeten juni 1998

Tabel 9.1 Profielgegevens

Ter bepaling van de hoeveelheid en of de huidige kleilaag (circa 0,8 m) in het nieuwe ontwerp hergebruikt kan worden, is vooronderzoek noodzakelijk. Dit onderzoek is gelijktijdig met het meten van de dwarsprofielen in juni 1998 uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn in hoofdstuk 6.4 vermeld.

9.3 Na afgraven klei en zand

Nadat de huidige kleilaag en het zand is afgegraven moet het zandlichaam opnieuw onder profiel worden gebracht. Indien het zandlichaam tijdens de werkzaamheden is geroerd, dan is opnieuw verdichten noodzakelijk. Bij het verwijderen en het opzij zetten van de huidige kleilaag dient men er voor te zorgen dat er geen vermenging optreedt met het te ontgraven zand.

Nadat het zandlichaam onder profiel is gebracht en eventueel verdicht, dienen in elk proefvak een drietal raaien (dwarsprofielen) te worden uitgezet, welke gedurende de gehele aanlegfase en tijdens de monitoringsperiode gehandhaafd blijven. Over deze raaien moet voordat de erosiebestendige kleilaag wordt aangebracht profielmetingen worden uitgevoerd om de onderliggende zandlaag vast te leggen. De profielmetingen dienen t.o.v. NAP te worden omgerekend en direct op een schaal van ten minste 1:50 te worden uitgetekend. De reden hiervan is om bij het aanleggen van de verschillende lagen een goede basis te hebben waarop de verschillende lagen kunnen worden ingetekend.

Omdat gekozen is voor het aanleggen van een onderhoudspad op de buitenberm zal hiermee bij het bepalen van de profielen rekening gehouden moeten worden.

9.4 Tijdens aanleg constructie

In deze paragraaf worden de te monitoren aspecten en de gegevens genoemd welke tijdens de aanleg van de constructie moeten worden vastgelegd. In de aanlegfase worden in grote lijnen de volgende stappen onderscheiden:
- bijhouden dag-/logboek
- aanvoer van de klei

- aanbrengen erosiebestendige kleilaag
- aanbrengen toplaag van herbruikbare klei
- afwerking en nulmeting

Bijhouden dag-/logboek

Tijdens de aanlegfase dient er een logboek te worden bijgehouden, waarin de uitgevoerde werkzaamheden, weersomstandigheden, werkmethoden, verrichtte metingen, gemaakte foto's en eventuele andere bijzonderheden dagelijks worden vermeld. Onder andere bijzonderheden kan worden verstaan de eventuele ten gevolge van hoogwater veroorzaakte erosieschade aan tussenlagen of ernstige verstoringen van deze lagen door vastlopen voertuigen etc.

Aanvoer van de klei

Tijdens het aanvoeren van de klei per vrachtwagen dient steekproefsgewijs te worden vastgesteld of de klei aan de eisen voldoet. Het aantal monsters dat hierbij genomen moet worden, is o.a. afhankelijk van de meetresultaten uit het vooronderzoek en het aantal vrachten. Gezien het aantal benodigde vrachten (circa 1500 per vak) zal de beoordeling van de aangevoerde klei deels op basis van visuele waarnemingen moeten plaatsvinden. Van groot belang hierbij is dat het vochtgehalte binnen de gestelde eisen voor verwerking liggen.

Aanbrengen erosiebestendige kleilaag

De 2,00 m dikke erosiebestendige kleilaag (onderlaag) dient in lagen van maximaal 0,40 m te worden aangebracht en te worden verdicht, zie hoofdstuk 6.

Na het aanbrengen en verdichten van elke laag moet de laagdikte en de verdichtingsgraad worden bepaald. De laagdikte kan d.m.v. enkele waterpaspunten in de raaien (vaste raaien zie 9.3) worden vastgesteld en de verdichtingsgraad d.m.v. nucleaire metingen (Troxler-apparaat) en steekbusmonsters. Met behulp van nucleaire metingen kan snel op meerdere plaatsen (ten minste 10) de in-situ dichtheden worden bepaald. De maximaal haalbare diepte waarmee met een Troxler-apparaat kan worden gemeten is 0,2 m. Ter controle van deze metingen dienen op een aantal plaatsen steekbusmonsters (ten minste 3 per proefvak) te worden genomen op een diepte van circa 0,20 m beneden de bovenkant van de verdichte laag. Twee van deze monsters moeten worden genomen op de plaats waar met nucleaire metingen de op een na hoogste en de op een na laagste waarde is gemeten. Van alle met de steekring genomen monsters moeten de dichtheden en het vochtgehalte worden bepaald. Van de monsters genomen op de plaats waar de op een na hoogste en de een na laagste waarde is gemeten, moet bovendien de proctordichtheid worden bepaald. Bij een constante werkwijze en een homogene klei (samenstelling en vochtgehalte) kan het aantal metingen nog worden verminderd, door bijvoorbeeld om de laag controlemetingen uit te voeren.

In plaats van nucleaire metingen kunnen de dichtheden ook met behulp van ten minste 10 steekbusmonsters op verschillende diepten (0,10 m en 0,25 m) worden bepaald. Deze werkwijze vraagt echter veel meer tijd, waarmee indien hiervoor wordt gekozen met de uitvoering rekening gehouden moet worden.

Indien het vochtgehalte met behulp van een magnetron wordt bepaald, is i.v.m. mogelijk verlies van kristalwater en ontleding van organische stof een vergelijkend onderzoek nodig.

Naast deze metingen worden van elke laag aselect tenminste twee extra monsters genomen, waarvan in een laboratorium de korrelverdeling, het watergehalte, het organische stofgehalte, het kalkgehalte, het zoutgehalte, de Atterbergse grenzen en de proctordichtheid moet worden bepaald. Indien uit een recentelijk gehouden vooronderzoek op de winplaats of het depot is

gebleken dat de klei voldoet aan de gestelde eisen en de spreiding niet erg groot is, kan dit aanvullend onderzoek achterwege blijven.

De plaatsen waar de verschillende metingen zijn uitgevoerd of monsters zijn genomen dienen in een situatietekening per laag te worden vastgelegd. In tabel 9.2 zijn de hier genoemde werkzaamheden en metingen (één proefvak) samengevat.

Na het aanbrengen van de laatste laag (5e) dienen de 3 raaien (profielen) in zijn geheel te worden opgemeten en omgerekend naar NAP. Daarnaast dienen van het oppervlak foto's te worden genomen en bijzondere kenmerken worden omschreven en qua plaats in een situatietekening vastgelegd.

Werkzaamheden	Per laag	Totaal 5 lagen
bijhouden van werkzaamheden, foto's etc. in dagboek en situatie	continu	-
keuring tijdens aanvoer klei per vrachtwagen	steekproeven	-
laagdikte bepalen d.m.v. waterpaspunten (3 punten per raai)	9 punten	45 punten
nucleaire dichtheden (troxler-apparaat)	10 punten	50 punten
steekringmonsters (dichtheid, vochtgehalte en proctordichtheid)	3 monsters	15 monsters
eventueel extra monsters (bepalen totale pakket in laboratorium)	2 monsters	10 monsters
profielmetingen over de raaien na aanbrengen laatste laag (zie onder)	-	3 profielen

Tabel 9.2 Overzicht werkzaamheden per vak tijdens aanbrengen onderlaag

Aanbrengen toplaag van herbruikbare klei

De 0,5 m dikke toplaag van de te hergebruiken klei dient in 2 lagen te worden aangebracht en verdicht, zie hoofdstuk 6.2. Alhoewel aan deze laag niet zulke zware eisen als aan de onderlaag worden gesteld, is inzicht in samenstelling en verdichtingsgraad van belang. Dit omdat deze laag de belastingen onder dagelijkse omstandigheden moet kunnen weerstaan. Daarom wordt voor de toplaag in grote lijnen dezelfde metingen als in de onderlaag aangehouden.

Uitzondering hierop is het meten van de profielen na het aanbrengen van de laatste laag en het fotografisch vastleggen van het oppervlak. Deze dienen pas na de afwerking (inzaaien) te worden uitgevoerd, opdat deze tevens als nulmeting kan dienen.

Werkzaamheden	Per laag	Totaal 2 lagen
bijhouden van werkzaamheden, foto's etc. in dagboek en situatie	continu	-
laagdikte bepalen d.m.v. waterpaspunten (3 punten per raai)	9 punten	18 punten
nucleaire dichtheden (troxler-apparaat)	10 punten	20 punten
steekringmonsters (dichtheid, vochtgehalte en proctordichtheid)	3 monsters	6 monsters
eventueel extra monsters (bepalen totale pakket in laboratorium)	2 monsters	4 monsters

Tabel 9.3 Overzicht werkzaamheden per vak tijdens aanbrengen toplaag

De noodzaak om uit de toplaag extra monsters te nemen, is mede afhankelijk van de resultaten uit het vooronderzoek (zie hoofdstuk 6.4). Juist omdat aan de toplaag als eerste schade zal optreden is het van belang om de erosiebestendigheid van deze klei te weten. Deze is inmiddels bekend en indien hiervoor bij de uitvoering geen aanleiding ontstaat, kunnen de extra monsters t.b.v. laboratoriumonderzoek komen te vervallen.

Afwerking en nulmeting

Onder afwerking wordt verstaan het eventueel inzaaien van de toplaag, het afwerken van het voorland, het onderhoudspad op de buitenberm en het plaatsen van een afrastering. Wanneer de toplaag wordt ingezaaid, dient hiervan de samenstelling en de hoeveelheden te worden vastgelegd.

Nadat deze werkzaamheden zijn uitgevoerd dient zo snel mogelijk daarna de nulmeting worden uitgevoerd.

Deze nulmeting houdt o.a. in:
- het aanbrengen vaste punten (1 per proefvak) t.b.v. de hoogte en de eerder genoemde raaien (3 per proefvak)
- het meten van de dwarsprofielen over de raaien (berm, talud en stukje voorland) en wel zodanig dat bij volgende waterpassingen dezelfde punten kunnen worden meegenomen, door bijvoorbeeld vanaf vast punt in de raai om de 1 meter te meten (knikken/overgangen als extra punten meenemen)
- het systematisch fotografisch vastleggen van het oppervlak, het beschrijven van bijzondere kenmerken en in een situatietekening of schets aantekenen

De bevindingen en alle relevante gegevens (inclusief een kostenoverzicht) m.b.t. de aanleg en de nulmeting dienen in een rapport te worden vastgelegd.

9.5 Periodieke metingen

Onder periodieke metingen wordt verstaan het jaarlijks monitoren van de proefvakken. Het tijdstip (maand) waarop deze monitoring zal plaatsvinden, moet zodanig worden gekozen dat nog voldoende ruimte is voor het nemen van een beslissing m.b.t. al dan niet herstellen en het opdragen en uitvoeren van eventuele werkzaamheden (klei-aanvullingen) voordat het nieuwe stormseizoen begint. Bovendien moet het oppervlak (kleidek) redelijk goed op erosieschade kunnen worden beoordeeld, hetgeen inhoudt dat de monitoring kort na het maaien zal moeten plaatsvinden. Rekening houdend met het gewenste tijdstip (augustus) waarop het talud gemaaid moet worden, kan de monitoring nog in dezelfde maand worden uitgevoerd. In de daarop volgende maand (september) zouden de eventuele herstelwerkzaamheden kunnen plaatsvinden. Alhoewel in deze periode de ontwikkeling van vegetatie niet optimaal is, wordt wel voldaan aan de voorwaarde voor wat betreft het zogenaamde "gesloten seizoen" waarin men geen werkzaamheden aan de dijk mag verrichten en de periode waarin de vogels hun winterbivak opzoeken. Indien alsnog wordt besloten om twee maal per jaar te maaien (direct na het broedseizoen en na de zomer) kan worden overwogen om de monitoring eerder te laten plaatsvinden.

Tijdens de monitoring worden de volgende werkzaamheden voorzien:
- het meten van de profielen over de uitgezette raaien
- het systematisch fotograferen van de proefvakken conform de nulmeting
- het d.m.v. foto's en/of waterpassingen vastleggen van eventuele erosieschade
- het vastleggen van de ontwikkeling van wortelstelsels in de verschillende zones

Opgemerkt moet worden dat vegetatieopnamen i.v.m. maaien niet gelijktijdig met de hiervoor genoemde werkzaamheden kunnen plaatsvinden. Zie hiervoor hoofdstuk 8.

Als aanvulling op de periodieke metingen worden extra opnamen voorzien na het optreden van een waterstand en/of een golfhoogte met een kans van voorkomen van kleiner dan 1 maal per jaar. Na elke monitoring worden de gegevens samen met de vegetatieopnamen aan PBZ gerapporteerd.

In 2002 wanneer een beslissing genomen moet worden over de wijze van verbetering van het gehele dijkvak, wordt een tussenrapport voorzien. Hierin zal bij voldoende gegevens een eerste beoordeling plaatsvinden of de constructie al dan niet aan de verwachtingen voldoet. Dit heeft met name betrekking op het beheer en de mate van erosie direct na aanleg en onder dagelijkse omstandigheden (waterstanden tot circa NAP+4,00 m).

Aan het eind van de monitoringsperiode (rond 2010) wordt een evaluatierapport verwacht. Indien in de periode tot 2010 tenminste 5 maal een hogere waterstand dan NAP+4,00 m t.p.v. de proefvakken is opgetreden, moet gezien de verwachtingen het mogelijk zijn om de onderhoudskosten gedurende een gebruiksperiode van 50 jaar vast te stellen. In bijlage 7 is een samenvatting van de waterstanden en de kans op voorkomen, de bijbehorende golfhoogten en de belastingduur en de tengevolge hiervan verwachtte erosieschade op beide vakken gegeven.

Voor het vaststellen van de belastingen (waterstanden en golfhoogten) op beide locaties worden bij waterstanden boven NAP+3,50 m te Bath enkele visuele waarnemingen voorzien. Aan de hand van deze gegevens, de eventueel opgetreden erosieschade en de windgegevens kan bekeken worden of het verwachtingspatroon overeenkomt met de werkelijkheid. Voorgesteld wordt om t.p.v. beide locaties een baak of peilschaal te plaatsen, waarop de waterstand en de golfhoogte kan worden afgelezen. Gezien de hoge kosten en de kans op vandalisme wordt vooralsnog afgezien van een geautomatiseerd systeem.

Zowel voor de tussenrapportage als voor het evaluatierapport kan het noodzakelijk zijn om aanvullend onderzoek te laten uitvoeren. Dit onderzoek zal betrekking kunnen hebben op de mate van structuurvorming (bodemvorming) in de diepte.

9.6 Methoden van proefuitvoeringen.

Omdat voor het bepalen van de benodigde parameters verschillende proefuitvoeringen bestaan welke tot grote verschillen in de proefresultaten kunnen leiden, is in onderstaande tabel de gewenste methode van uitvoering weergegeven. De hier genoemde methoden dienen gedurende de gehele onderzoeksperiode te worden gehandhaafd om trendbreuk te voorkomen.

Parameter	eenheid	proef/norm
korrelverdeling (incl. < 63 μm)	% (m/m)	RAW 1995 proef 1, 2 en 6
classificatie van grond		NEN 5104
Atterbergse grenzen	% (m/m)	ETC5-N95.07 zonder droging en afzeving vooraf
watergehalte	% (m/m)	NEN 5112 of NEN 5113
organische stofgehalte	% (m/m)	RAW proef 158 (wijziging november 1998)
kalkgehalte (HCl massaverlies)	% (m/m)	RAW proef 159 (wijziging november 1998)
zoutgehalte (NaCl)	gram per liter bodemvocht	RAW proef 160 (wijziging november 1998)
dichtheid vaste stof (incl. humus)	kg/m^3	RAW 1995 proef 4.4 of NEN 5111 (ontwerp)
proctordichtheid	kg/m^3	RAW 1995 proef 5.1

Tabel 9.4 Proefuitvoeringen en methoden

Indien het vochtgehalte in het veldlaboratorium met behulp van een magnetron wordt bepaald, is i.v.m. mogelijk verlies van kristalwater en ontleding van organische stof een vergelijkend onderzoek nodig.

9.7 Monitoringskosten

De kosten voor monitoring kunnen worden onderverdeeld in kosten welke tijdens de aanlegfase worden voorzien en welke nadien tijdens de periodieke metingen op dit moment kunnen worden ingeschat.

Tijdens aanleg proefvakken.

Bij het vaststellen van deze kosten worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:
- de aanleg van beide vakken wordt binnen de in hoofdstuk 7.6 bepaalde tijd (36 dagen) gerealiseerd
- uit een recentelijk gehouden vooronderzoek volgens de richtlijnen van de RAW door de aannemer op de winplaats of het depot is gebleken dat de klei voldoet aan de gestelde eisen
- tijdens de gehele uitvoeringsperiode wordt deskundige begeleiding ingehuurd voor het verrichten van de in hoofdstuk 9.4 genoemde werkzaamheden (MBO-er met laboratorium ervaring)
- er is voldoende assistentie op het werk aanwezig voor o.a. het verrichten van profielmetingen
- op het werk is een veldlaboratorium aanwezig, waarmee o.a. dichtheden en vochtgehalten kunnen worden bepaald

Werkzaamheden in hoofdonderdelen	Kosten
Depotonderzoek (vooronderzoek geschiktheid klei)	f 46.000,-
Monitoring tijdens aanleg en rapportage	f 75.000,-
Desgewenst inhuur externe klei-deskundige (2 dagen)	f 5.000,-

Tabel 9.5 Monitoringskosten tijdens aanleg proefvakken

Periodiek (jaarlijks).

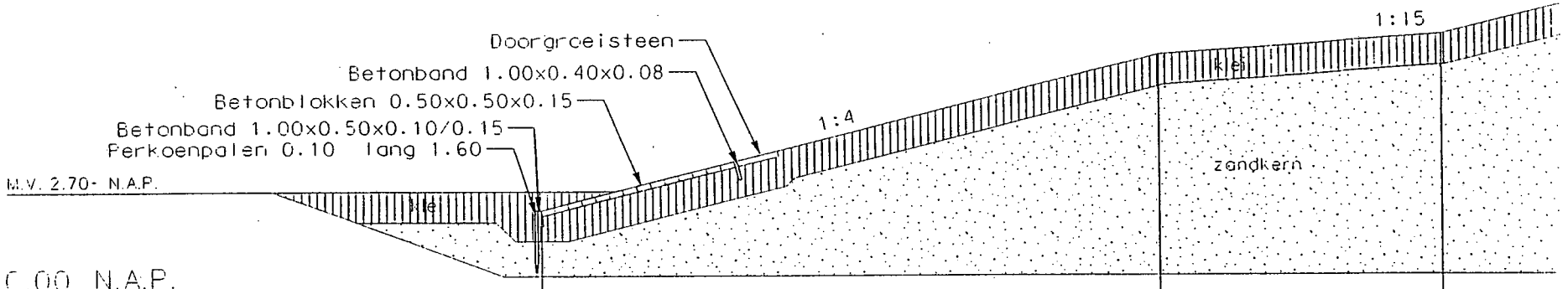
Onder periodieke metingen wordt verstaan de jaarlijks terugkerende metingen vanaf een jaar na aanleg tot maximaal het jaar 2010 en twee extra metingen na een storm waarbij schade mag worden verwacht. In onderstaande tabel zijn de werkzaamheden en de geraamde kosten voor deze periodieke en de metingen

Werkzaamheden (periode 2000 tot 2010)	jaarlijks	totaal tot 2010
periodieke beoordeling klei en rapportage door deskundige (2 dagen)	f 5.000,-	f 55.000,-
periodieke beoordeling vegetatie en rapportage door deskundige (2 dagen)	f 5.000,-	f 55.000,-
periodieke metingen en rapportage (2 dagen, 2 man)	f 10.000,-	f 110.000,-
evaluatie en eindrapport in 2010		f 20.000,-
Totaal	f 20.000,-	f 240.000,-

Tabel 9.6 Periodieke kosten

10. Geraadpleegde literatuur

1. Technisch rapport klei voor dijken, TAW, Delft, mei 1996. (inclusief bijlage 2 betreffende de conceptversie van de uitbreiding van hoofdstuk 22 'grondwerken' voor de RAW-systematiek)
2. Memo 97.06 van werkgroep Kennis aan PBZ de datum 24-12-1997
3. Notitie van Gerard Kruse, gedateerd 29 november 1996
4. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, maart 1981
5. Muskusrattenschade aan waterkeringen in 1983, rapport S-72.029-IV, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, juli 1984.
6. De muskusrat en zijn gevaren voor de waterkering, rapport S-72.029-V, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, mei 1985.
7. Hergebruik Boorspecie Westerscheldetunnel, DWW-rapport W-DWW-97-098, januari 1998.
8. Verslagen zeeweringen in de provincie Zeeland over de periode 1965 t/m 1993.
9. Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid, RIKZ, 1997.
10. Golfklimaat 2 proefvakken, Alkyon, mei 1998, met bijbehorend memo van RIKZ.
11. Getijtafels voor Nederland, diverse jaren.
12. Verslag van de Crocus-stormvloedperiode 26 februari t/m 2 maart 1990 (SR 63), Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Stormvloedwaarschuwingsdienst, 's-Gravenhage, april 1990.
13. Milieu-inventarisatie zeeweringen Westerschelde, rapport ZEEW-R-98018, Bouwdienst Rijkswaterstaat, april 1998.



SCHAAL 1:100

Hoogte t.o.v. N.A.P.	2.20	6.25	6.75
Afstand tot 0-punt	31.90	15.70	8.20

Bijlage 1

Golfhoogten en piekperioden Alsteinpolder op circa 50 m uit de teen

windrichting is 285 graden			
waterstand in	windsnelheid en kans op voorkomen		
m t.o.v. NAP	12 m/s (1/1)	19 m/s (1/5)	25 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 13 cm Tpm = 3,0 s	Hs = 18 cm Tpm = 2,8 s	Hs = 21 cm Tpm = 2,6 s
+ 4,25	Hs = 23 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 32 cm Tpm = 3,9 s	Hs = 39 cm Tpm = 3,9 s
+ 5,00	Hs = 29 cm Tpm = 3,9 s	Hs = 43 cm Tpm = 4,3 s	Hs = 50 cm Tpm = 4,4 s

windrichting is 300 graden			
waterstand in	windsnelheid en kans op voorkomen		
m t.o.v. NAP	11 m/s (1/1)	18 m/s (1/5)	24 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 16 cm Tpm = 2,9 s	Hs = 21 cm Tpm = 2,8 s	Hs = 23 cm Tpm = 2,8 s
+ 4,25	Hs = 26 cm Tpm = 3,5 s	Hs = 38 cm Tpm = 3,8 s	Hs = 45 cm Tpm = 3,9 s
+ 5,00	Hs = 33 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 49 cm Tpm = 4,3 s	Hs = 59 cm Tpm = 4,4 s

windrichting is 315 graden			
waterstand in	windsnelheid en kans op voorkomen		
m t.o.v. NAP	10 m/s (1/1)	17 m/s (1/5)	22 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 18 cm Tpm = 2,8 s	Hs = 23 cm Tpm = 2,9 s	Hs = 25 cm Tpm = 3,0 s
+ 4,25	Hs = 29 cm Tpm = 3,4 s	Hs = 42 cm Tpm = 3,8 s	Hs = 47 cm Tpm = 3,8 s
+ 5,00	Hs = 35 cm Tpm = 3,7 s	***Hs = 55 cm*** ***Tpm = 4,2 s***	Hs = 63 cm Tpm = 4,3 s

windrichting is 330 graden			
waterstand in	windsnelheid en kans op voorkomen		
m t.o.v. NAP	10 m/s (1/1)	15 m/s (1/5)	19 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 20 cm Tpm = 2,9 s	Hs = 24 cm Tpm = 3,0 s	Hs = 26 cm Tpm = 3,0 s
+ 4,25	Hs = 33 cm Tpm = 3,4 s	Hs = 44 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 48 cm Tpm = 3,8 s
+ 5,00	Hs = 39 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 56 cm Tpm = 4,1 s	***Hs = 66 cm*** ***Tpm = 4,3 s***

windrichting is 360 graden			
waterstand in	windsnelheid en kans op voorkomen		
m t.o.v. NAP	10 m/s (1/1)	13 m/s (1/5)	16 m/s (1/50)
+ 3,50	***Hs = 22 cm*** ***Tpm = 3,1 s***	***Hs = 24 cm*** ***Tpm = 3,1 s***	***Hs = 26 cm*** ***Tpm = 3,1 s***
+ 4,25	***Hs = 38 cm*** ***Tpm = 3,5 s***	***Hs = 46 cm*** ***Tpm = 3,7 s***	***Hs = 50 cm*** ***Tpm = 3,9 s***
+ 5,00	***Hs = 45 cm*** ***Tpm = 3,6 s***	Hs = 57 cm Tpm = 3,9 s	Hs = 67 cm Tpm = 4,1 s

Gegevens ontleend aan rapport "Alkyon, mei 1998, rapportnr. A329, appendix 1" en Tpm gecorrigeerd met 1 sec. conform brief RIKZ van 27 mei 1998 behorende bij rapport van Alkyon. De vet en cursief gedrukte tekst is de maximale combinatie van golfhoogte en golfperiode.

Golfhoogten en piekperioden Emmapolder op circa 50 m uit de teen

windrichting is 285 graden			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	12 m/s (1/1)	19 m/s (1/5)	25 m/s (1/50)
+ 3,50	***Hs = 22 cm*** ***Tpm = 2,6 s***	Hs = 25 cm Tpm = 2,7 s	***Hs = 30 cm*** ***Tpm = 2,7 s***
+ 4,25	***Hs = 39 cm*** ***Tpm = 3,3 s***	Hs = 51 cm Tpm = 3,5 s	Hs = 51 cm Tpm = 3,4 s
+ 5,00	***Hs = 50 cm*** ***Tpm = 3,7 s***	Hs = 70 cm Tpm = 4,0 s	Hs = 73 cm Tpm = 4,1 s

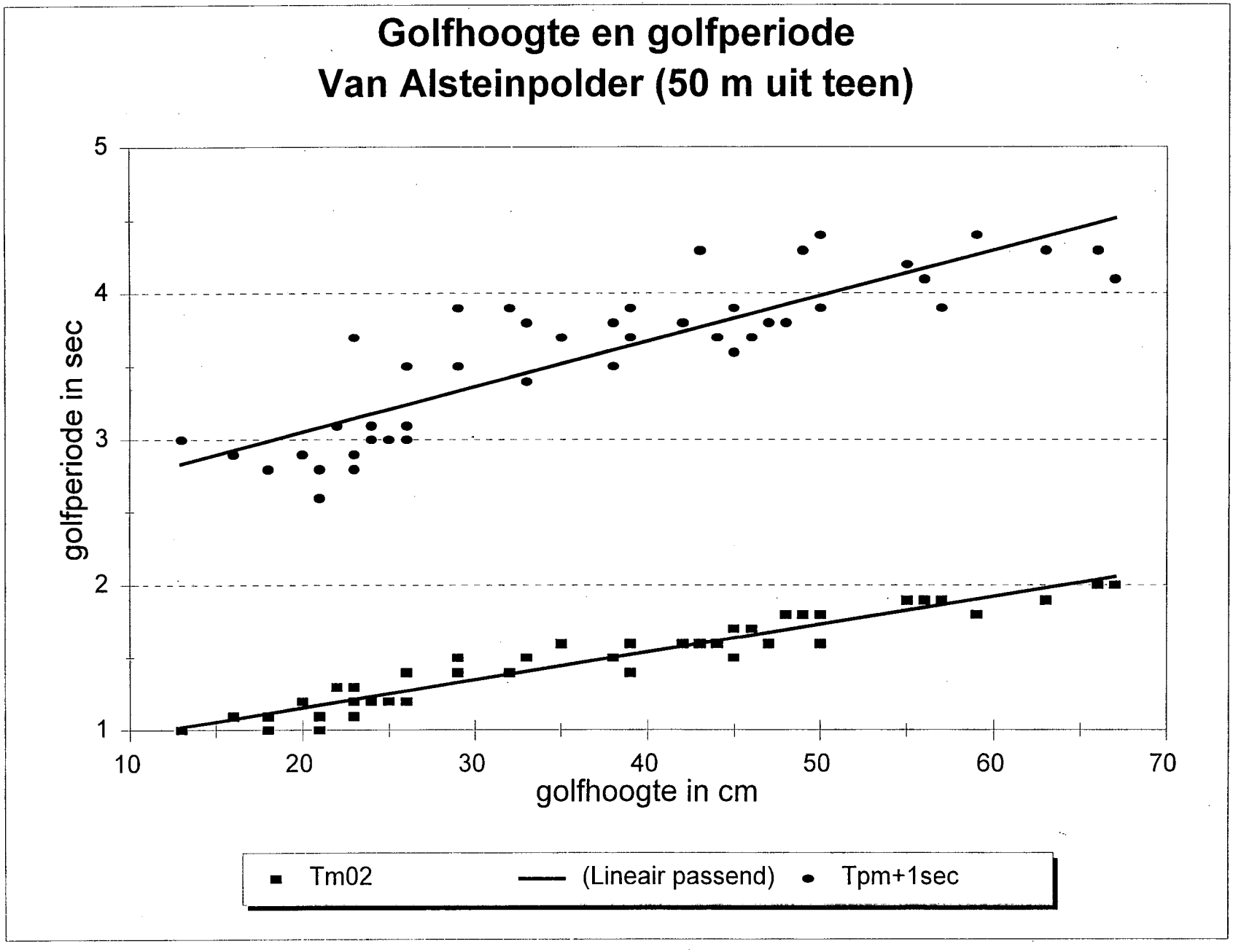
windrichting is 300 graden			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	11 m/s (1/1)	18 m/s (1/5)	24 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 22 cm Tpm = 2,6 s	Hs = 25 cm Tpm = 2,6 s	Hs = 29 cm Tpm = 2,6 s
+ 4,25	Hs = 38 cm Tpm = 3,3 s	Hs = 50 cm Tpm = 3,5 s	Hs = 51 cm Tpm = 3,5 s
+ 5,00	Hs = 49 cm Tpm = 3,8 s	***Hs = 71 cm*** ***Tpm = 4,1 s***	Hs = 73 cm Tpm = 4,2 s

windrichting is 315 graden			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	10 m/s (1/1)	17 m/s (1/5)	22 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 21 cm Tpm = 2,6 s	Hs = 26 cm Tpm = 2,6 s	Hs = 28 cm Tpm = 2,6 s
+ 4,25	Hs = 37 cm Tpm = 3,3 s	***Hs = 50 cm*** ***Tpm = 3,5 s***	***Hs = 51 cm*** ***Tpm = 3,5 s***
+ 5,00	Hs = 46 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 69 cm Tpm = 4,2 s	***Hs = 73 cm*** ***Tpm = 4,2 s***

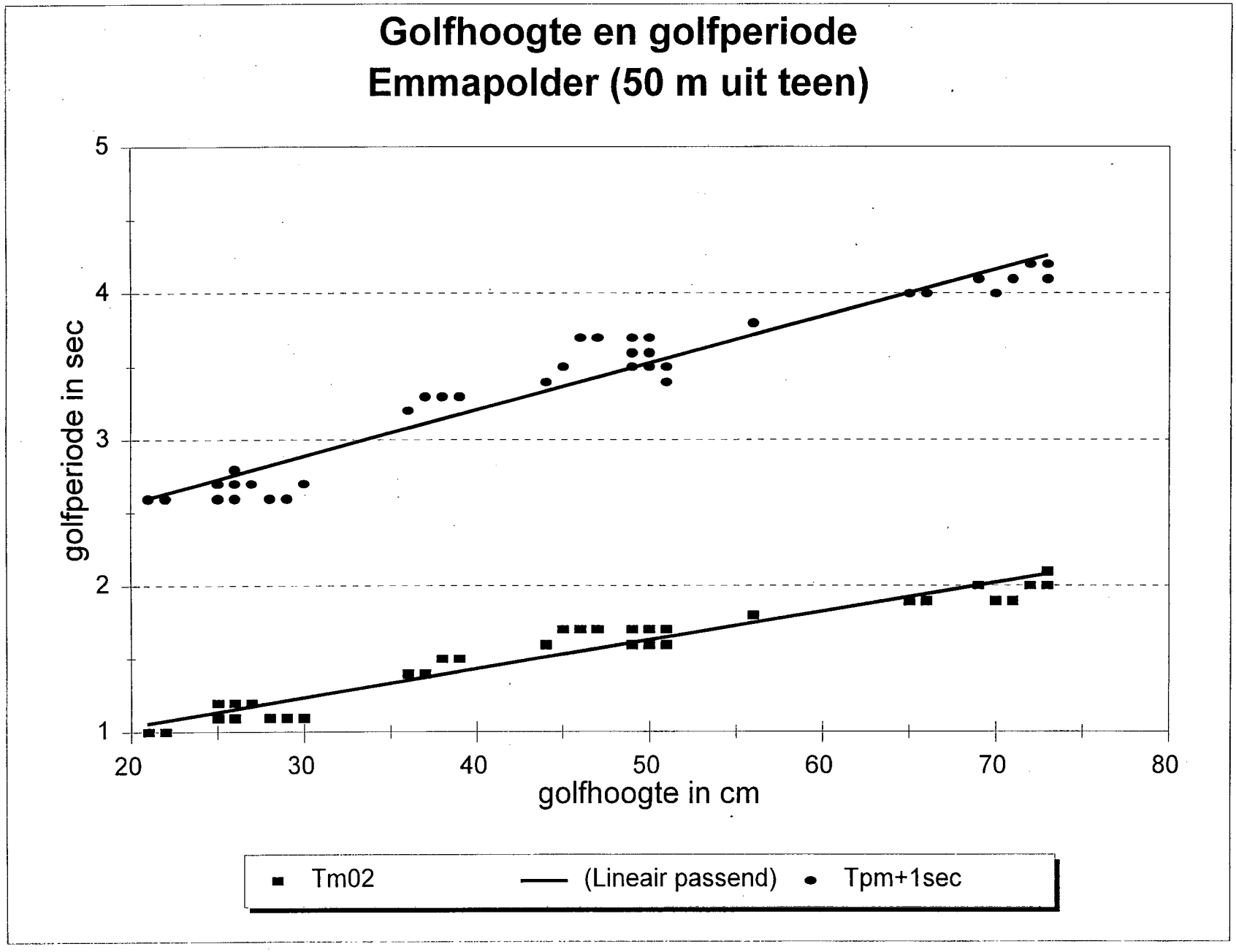
windrichting is 330 graden			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	10 m/s (1/1)	15 m/s (1/5)	19 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 21 cm Tpm = 2,6 s	***Hs = 26 cm*** ***Tpm = 2,7 s***	Hs = 27 cm Tpm = 2,7 s
+ 4,25	Hs = 37 cm Tpm = 3,3 s	Hs = 49 cm Tpm = 3,5 s	Hs = 50 cm Tpm = 3,6 s
+ 5,00	Hs = 47 cm Tpm = 3,7 s	Hs = 65 cm Tpm = 4,0 s	Hs = 72 cm Tpm = 4,2 s

windrichting is 360 graden			
waterstand in m t.o.v. NAP	windsnelheid en kans op voorkomen		
	10 m/s (1/1)	13 m/s (1/5)	16 m/s (1/50)
+ 3,50	Hs = 21 cm Tpm = 2,6 s	Hs = 25 cm Tpm = 2,7 s	Hs = 26 cm Tpm = 2,8 s
+ 4,25	Hs = 36 cm Tpm = 3,2 s	Hs = 44 cm Tpm = 3,4 s	Hs = 49 cm Tpm = 3,6 s
+ 5,00	Hs = 45 cm Tpm = 3,5 s	Hs = 56 cm Tpm = 3,8 s	Hs = 66 cm Tpm = 4,0 s

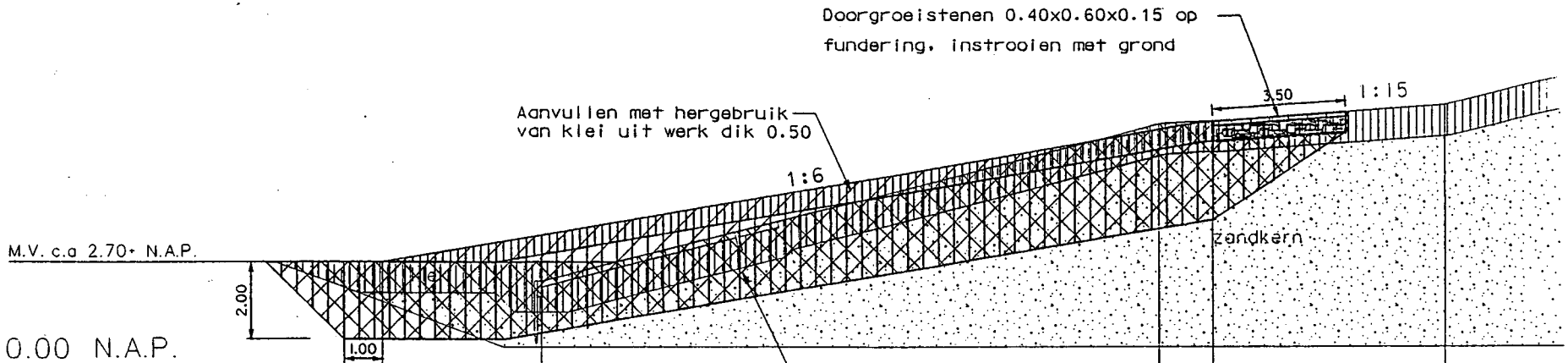
Gegevens ontleend aan rapport "Alkyon, mei 1998, rapportnr. A329, appendix 1" en Tpm gecorrigeerd met 1 sec. conform brief RIKZ van 27 mei 1998 behorende bij rapport van Alkyon. De vet en cursief gedrukte tekst is de maximale combinatie van golfhoogte en golfperiode.


Golfhoogte en golfperiode
Van Alsteinpolder (50 m uit teen)
golfperiode in sec
golfhoogte in cm
5
4
3
2
1
10
20
30
40
50
60
70
Tm02
(Lineair passend)
Tpm+1sec

Bijlage 4


Golfhoogte en golfperiode
Emmapolder (50 m uit teen)
golfperiode in sec
golfhoogte in cm
5
4
3
2
1
20
30
40
50
60
70
80
Tm02
(Lineair passend)
Tpm+1sec

Bijlage 5



SCHAAL 1:100

Hoogte t.o.v. N.A.P.		2.20	6.25		6.75	
Afstand tot 0-punt		31.90	15.70		8.20	
Nieuwe Hoogte t.o.v. N.A.P.	2.70			6.34	6.75	
Nieuwe Afstand tot 0-punt	36.14			14.30	8.20	

Bijlage 6.

Samenvatting hydraulische belastingen en verwachtte erosieschade.

Waterstand t.o.v. NAP			Kans op	Golfhoogte	Belastingduur	Erosiediepte in m [5]		Schade in m^3 per m^1 dijk [8]	
Vlissingen[1]	Bath [1]	Proefvakken [2]	voorkomen [1,2]	in meters [3]	in uren [4]	Alsteinpolder [6]	Emmapolder [7]	Alsteinpolder	Emmapolder
		3,00 tot 3,50	100 x per jaar	≤ 0,10	100	≤ 0,10	≤ 0,20	5,0	10,0
		3,50 tot 4,00	10 x per jaar	≤ 0,20	16				
3,30	4,15	4,00	1 x per jaar	0,28	1,9				
3,50	4,30	4,10	1 x per 2 jaar	0,33	2,0	≤ 0,10	≤ 0,20	2,5	5,0
3,70	4,55	4,25	1 x per 5 jaar	0,45	2,3	≤ 0,15	≤ 0,30	1,5	3,0
3,85	4,75	4,45	1 x per 10 jaar	0,52	2,5	≤ 0,20	≤ 0,40	1,0	2,0
4,00	5,00	4,70	1 x per 20 jaar	0,58	2,6	≤ 0,25	≤ 0,50	0,6	1,2
4,25	5,25	4,90	1 x per 50 jaar	0,65	2,8	≤ 0,30	≤ 0,60	0,3	0,6

Opmerkingen:
1. Overschrijdingswaarden uit 'Getijtafels voor Nederland, 1998', zie hoofdstuk 4.2.1.
2. Overschrijdingswaarden volgens 'Alkyon-RIKZ' [lit. 10], zie hoofdstuk 4.2.1.
3. Gemiddelde golfhoogte (windrichting 285° tot 360°), zie hoofdstuk 4.2.4
4. Berekende belastingduur (belastingniveau rond desbetreffende waterstand) bij een talud van 1:6, zie hoofdstuk 4.2.4 en 4.3.3
5. De vermelde ersosiediepte gerekend t.o.v. het oorspronkelijke profiel wordt met name rond de hoogwaterlijn verwacht, zie hoofdstuk 7.3
6. Alsteinpolder toplaag (0,50 m) goede erosiebestendige klei, zie hoofdstuk 6.4 en schadeverwachting rond hoogwaterlijn, zie hoofdstuk 7.3
7. Emmapolder toplaag (0,50 m) slecht erosiebestendige klei, zie hoofdstuk 6.4 en schadeverwachting rond hoogwaterlijn, zie hoofdstuk 7.3
8. Erosieschade in m^3 klei gedurende de gehele gebruiksperiode van 50 jaar per strekkende meter dijk, berekend door erosiediepte maal strook t.p.v. hoogwaterlijn (1,00 m) en kans op voorkomen gedurende de gehele gebruiksperiode

Randvoorwaarden t.a.v. schadeverwachting:
- geen rekening is gehouden met graverij door muskusratten of konijnen
- de vegetatielaag boven de veekrand verkeert in een redelijke staat
- bij het bereiken van het minimale profiel (bij 0,50 m erosie) dient de schade hersteld te worden
- bij zwaardere stormen moet rekening worden gehouden dat de toplaag geheel wordt weggeslagen, zeker indien deze uit slecht erosiebestendige klei bestaat

Foto 1

Foto 1 genomen vanaf het Emma Plateau in westelijke richting op 3 maart 1998 (foto DWW nr. 1003/16) met grote hoeveelheden veek. De blokkenglooiing is hier geheel onder de vegetatie en de veek verdwenen.

Foto 2

Foto 2 genomen t.h.v. de komvormige bocht in de dijk op de grens tussen de Koningin Emmapolder en de Alsteinpolder in westelijke richting op 3 maart 1998 (foto DWW nr. 1003/11). Locatie zonder veek.