



010838 2006 PZDT-R-06318 inv
Aanleg en monitoring van twee dijkvakken met klei



Kleidijk Saefthinghe

**Aanleg en monitoring van twee dijkvakken met
klei als taludverdediging.**

augustus 2006



Kleidijk Saefthinghe

**Aanleg en monitoring van twee dijkvakken met
klei als taludverdediging.**

augustus 2006



Colofon

Uitgegeven door: Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Informatie:

Telefoon:

Fax:

Uitgevoerd door: 

Gecontroleerd door:

Datum: Augustus 2006

Status: Concept

Versienummer: 1

Inhoudsopgave

Samenvatting. 6

1. **Inleiding. 8**
2. **Plan aanleg en monitoring. 10**
 - 2.1 Belastingduur en benodigde kleilaagdikte. 10
 - 2.2 Overige randvoorwaarden. 12
 - 2.3 Benodigde klei. 13
 - 2.4 Aanbrengen en verdichten van de klei. 13
 - 2.5 Monitoring tijdens aanleg. 14
 - 2.6 Monitoring na aanleg. 14
 - 2.7 Huidige en te verwachte vegetatie. 15
3. **Zoektocht naar en winnen van klei. 17**
 - 3.1 Diverse klei beoordelingen. 17
 - 3.2 Vooronderzoek klei Aardenburgse Havenpolder. 17
 - 3.3 Fysische eigenschappen klei Aardenburgse Havenpolder. 18
 - 3.4 Chemische samenstelling klei Aardenburgse Havenpolder. 20
 - 3.5 Winnen van de klei uit Aardenburgse Havenpolder. 20
4. **Aanleg van de demonstratievakken. 22**
 - 4.1 Aanpassingen van het ontwerpprofiel. 22
 - 4.2 Wijze en tijdstip van uitvoering. 22
 - 4.2.1. Demonstratievak Van Alteinpolder. 23
 - 4.2.2. Demonstratievak Koningin Emmapolder. 24
 - 4.3 Metingen tijdens aanleg. 25
 - 4.3.1. Dwarsprofielen en laagdikten. 26
 - 4.3.2. Dichtheidsmetingen. 27
 - 4.4 Weersgesteldheid tijdens aanleg. 29
5. **Monitoring. 31**
 - 5.1 Opzet monitoring. 31
 - 5.2 Uitvoering monitoring. 32
 - 5.3 Vegetatieonderzoek. 33
 - 5.4 Dwarsprofielmetingen. 35
 - 5.5 Visuele inspecties. 37
 - 5.6 Waterstanden. 42
 - 5.7 Flora-inventarisaties. 43
 - 5.8 Overige aspecten. 44
6. **Evaluatie, conclusies en aanbevelingen. 46**
 - 6.1 Evaluatie en conclusies. 46
 - 6.2 Aanbevelingen. 49

Bijlagen:

- 4.1. Dwarsprofielen tijdens aanleg
- 4.2. Dichtheidsmetingen tijdens aanleg
- 4.3. Dikte kleilagen en verdichtingsgraad
- 5.1. Vegetatieonderzoek
- 5.2. Dwarsprofielen monitoring
- 5.3. Waterstanden \geq NAP+3,5 m
- 5.4. Flora inventarisaties

Samenvatting.

Indien de bestaande steenbekleding op het buitentalud van een zeedijk te licht is bevonden, wordt bij verbeteringswerken doorgaans gekozen voor een zwaardere harde bekleding, zoals bijvoorbeeld betonzuilen. Wanneer de golfaanval ten gevolge van hoog voorland niet te groot is, kan in plaats van een harde bekleding vaak ook een zogenaamde groene dijk in combinatie met een flauwer talud worden toegepast. Bij een groene dijk wordt de sterkte ontleend aan een goed doorwortelde grasmat. Op dijkvakken waar veel veek aanspoelt kan een grasmat zich echter niet goed ontwikkelen. Een alternatief hiervoor is om de sterkte niet aan de grasmat te ontnemen, maar aan een dik kleipakket eronder. Een dergelijke constructie als alternatief voor een groene dijk wordt dan ook kleidijk genoemd. Bij een kleidijk wordt de grasmat niet op sterkte beoordeeld en mag tijdens een maatgevende storm geheel eroderen. Het eronder gelegen dikke kleipakket moet dan gedurende de tijd dat zo'n storm aanhoudt voldoende erosiebestendig zijn. Een bijkomend voordeel van een dergelijke constructie is dat hierdoor ook een meer natuurlijke overgang wordt verkregen met de natuurwaarden op het voorland.

Omdat ervaring voor wat betreft de beschikbaarheid en de beoordeling van grote hoeveelheden erosiebestendige klei, alsmede de logistiek van het aanleggen en het onderhouden van een kleidijk in onvoldoende mate aanwezig was, is besloten tot het aanleggen en monitoren van twee demonstratievakken. Deze twee dijkvakken welke in de zomer van 1999 zijn aangelegd, hebben elk een lengte van circa 300 m en grenzen aan het natuurgebied 'Het Verdrongen Land van Saefthinghe'. Hiervoor is de bestaande steenbekleding verwijderd, een deel van het talud afgegraven en een 2 m dikke erosiebestendige kleilaag onder een talud van 1 op 6 aangebracht. Omdat de ontwikkeling van vegetatie op een erosiebestendige kleilaag niet of nauwelijks tot stand komt, is de oude deklaag hierop teruggebracht. Tijdens de zoektocht naar erosiebestendige klei en het aanleggen van de kleidijk zijn door het StaringCentrum en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde gegevens verzameld omtrent de eigenschappen, de verschillende laagdikten en de verdichting van de klei, maar ook over de voortgang van de werkzaamheden.

Vervolgens zijn deze twee dijkvakken gedurende de daarop volgende jaren gemonitord, met het belangrijkste doel ervaring op te doen met het beheer en om de mate van erosie vast te stellen. Naast het meten van dwarsprofielen en visuele inspecties, is jaarlijks ook een wortelonderzoek uitgevoerd. Dit omdat de doorworteling mede van invloed is op het erosieproces. Omdat beide dijkvakken aan een natuurgebied grenzen, is ook de ontwikkeling van de vegetatie in de tijd gevolgd. Bij deze monitoring hebben het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, het Rijksinstituut voor Kust en Zee, de Directie Zeeland, het Projectbureau Zeeweringen en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde een belangrijke bijdrage geleverd.

De benodigde laagdikte onder maatgevende omstandigheden is bepaald aan de hand van de in de VTV (Voorschrift Toetsen op Veiligheid) vermelde laagdikte, welke voor de beide dijkvakken geldende belastingduur is geëxtrapoleerd. Om erosie tijdens eerdere stormen in hetzelfde seizoen voorafgaand aan een maatgevende storm op te vangen, is een extra laagdikte in rekening gebracht. Hiermee komt de totale laagdikte van de goed erosiebestendige kleilaag op 2,0 m. Omdat de VTV uitgaat van vrij conservatieve waarden, wordt zo in ieder geval een veilige constructie verkregen. De klei voor in de dijkvakken, welke bovendien de juiste consistentie moest hebben om direct te kunnen verwerken en welke ook nog voldoet aan het bouwstoffenbesluit,

werd uiteindelijk gevonden in de Aardenburgse Havenpolder. Mede hierdoor kon in deze polder een aanvang worden gemaakt met de aanleg en inrichting van een natuurproject.

Bij verwerking van de klei in de beide dijkvakken is gebleken dat deze zich goed met een bulldozer liet verdichten, waarbij op alle gemeten locaties de vereiste verdichtingsgraad ruimschoots werd gehaald. Alhoewel de klei laagsgewijs is aangebracht en verdicht, was het niet mogelijk om conform de planning elke laag van circa 0,4 m middels een dwarsprofiel in te meten. Mede door de relatief gunstige weersomstandigheden verliepen de werkzaamheden voorspoedig. Hierbij moet worden opgemerkt, dat indien de weersomstandigheden en met name de neerslag slechter zijn dan het langjarig gemiddelde, rekening gehouden moet worden met enige vertraging. Tijdens de aanleg van beide dijkvakken moest veel grond naar een buitendijks te creëren hoogwatervluchtplaats worden afgevoerd. Om in de toekomst bij aanleg over grotere lengte het afvoeren te minimaliseren, is een alternatief profiel voorgesteld waarbij de berm iets wordt verhoogd en verbreed.

Gedurende de monitoringsperiode zijn beide dijkvakken slechts enkele malen belast geweest met een waterstand boven de NAP+4,0 m en een golfhoogte van maximaal 30 tot 40 cm. Bij dergelijke waterstanden werd een erosie van circa 10 tot 20 cm verwacht, zeker toen op 22 januari 2000 het pas ingezaaide talud een dergelijke waterstand moest keren. Desondanks en ook bij latere hoge waterstanden, is geen of nauwelijks erosie t.g.v. golfslag geconstateerd. Wel is in een van de proefvakken, waar de toplaag uit vrij zandig materiaal bestaat, in het 1^e jaar na aanleg vrij veel erosiegeulen t.g.v. neerslag aangetroffen. Bij latere inspecties bleken deze geulen onder natuurlijke omstandigheden grotendeels weer te zijn verdwenen. Verder is tijdens de inspecties gebleken dat een kleidijk voor konijnen niet aantrekkelijk is. Uit de monitoring van de doorworteling is ook gebleken dat al in het 2^e jaar de grasmat als goed tot matig kon worden beoordeeld, maar het jaar daarop een sterke achteruitgang vertoonde. Deze sterke achteruitgang kon echter niet worden verklaard. Ook de vegetatie bleek van jaar tot jaar sterk te variëren, waarbij moet worden opgemerkt dat van een spontane ontwikkeling nog geen sprake kan zijn omdat beide vakken na aanleg zijn ingezaaid.

Gezien de geringe erosieschade onder dagelijkse omstandigheden en de positieve ervaringen bij zowel de aanleg als bij het onderhoud, kan daarom worden geconcludeerd dat beide dijkvakken ruimschoots aan de verwachtingen voldoen. Voor het resterende dijkvak langs het Land van Saefthinghe is een kleidijk dan ook een goed alternatief in plaats van een harde bekleding.

1. Inleiding.

Een groot deel van de Nederlandse zeedijken wordt aan de zeezijde beschermd tegen golven door een glooiing met een toplaag van zetsteen. Uit onderzoek is echter gebleken dat een deel van deze steenbekledingen niet voldoen aan de huidige normen. Zo ook de bekleding op het dijkvak langs het natuurgebied 'Het Verdrongen Land van Saeftinghe'.



Foto 1.1. Huidige taludverdediging langs het "Verdrongen Land van Saeftinghe".

Op termijn moeten de betonblokken dan ook vervangen worden door een andere constructie, welke wel aan de eisen voldoet. Dit betekent doorgaans een glooiing van betonzuilen op een filterlaag. Door het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) is echter aangegeven om te bezien of ter plaatse van hoog gelegen voorland, zoals het Land van Saeftinghe, niet kan worden volstaan met een kleipakket van voldoende dikte en kwaliteit. Omdat plaatselijk veel plantenmateriaal (veek) aanspoelt, wordt een dijk waarvan de sterkte alleen wordt ontleend aan een erosiebestendige grasmat, niet haalbaar geacht. Het aanbrengen van een kleipakket van voldoende dikte en kwaliteit heeft dan ook tot voordeel dat, na het aanbrengen van een extra vegetatielaag, er toch een groene dijk kan ontstaan welke landschappelijk gezien beter aansluit op het buitendijkse gebied. Deze vegetatielaag behoeft echter niet bij te dragen in de veiligheid en mag in de loop van tijd eroderen.

Gezien het ontbreken van ervaring met dit soort constructies, is het plan ontstaan om dit in een tweetal dijkvakken te demonstreren. Het belangrijkste verschil tussen beide dijkvakken heeft betrekking op het al dan niet voorkomen van veel veek, hetgeen van invloed zal zijn op het erosieproces.

De belangrijkste doelstellingen voor het aanleggen van de dijkvakken zijn:

- het opdoen van ervaring bij aanleg en het beheer
- het vaststellen van erosieschade en de onderhoudskosten op lange 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 en de verdichting. 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 vee voorkomt. Op deze plaatsen zal namelijk geen goede grasmat ontstaan, waardoor de erosie bij regelmatig voorkomende waterstanden naar verwachting groter zal zijn dan bij een goede grasmat. Gezien het plan om de hele dijk langs het 'Verdronken Land van Saefthinghe' binnen niet al te lange termijn te verbeteren, is het van belang om voor die tijd hierover meer duidelijkheid te krijgen.

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) voorkomt. Dit houdt in dat tijdens de monitoringsperiode ter plaatse van de dijkvakken tenminste 5 maal een waterstand boven de NAP+4,00 m is opgetreden. Gezien de kans op voorkomen van een dergelijke waterstand, zal de monitoringsperiode waarschijnlijk 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 de ervaringen en de resultaten worden vastgelegd en gerapporteerd.

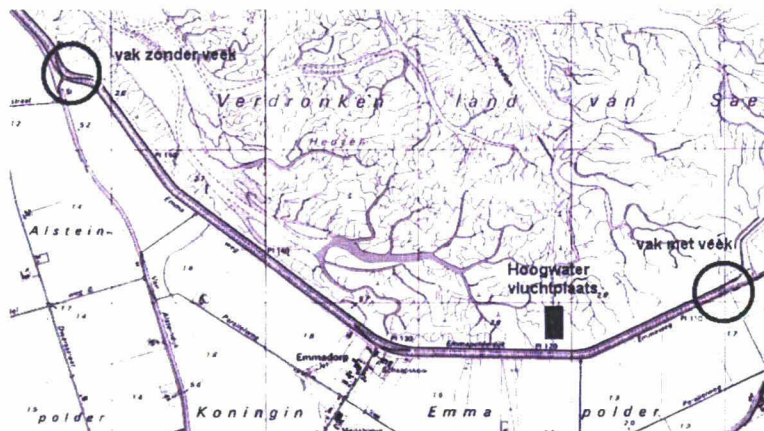
In eerste instantie was het de bedoeling om de vakken nog in 1998 aan te leggen, hetgeen om verschillende redenen niet kon worden gehaald en daarom is uitgesteld tot 1999. Voordien heeft het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) aan de Dienst Wegen en Waterbouwkunde (DWW) gevraagd een plan te maken, met betrekking tot de aanleg en de monitoring. De resultaten van dit plan zijn in hoofdstuk 2 samengevat. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de zoektocht naar en de uiteindelijke vindplaats van erosiebestendige klei.

In hoofdstuk 4 wordt een algemene beschrijving gegeven over de wijze van aanleg van de demonstratievakken, welke werkzaamheden door de firma's AVK en v.d. Heuvel Werkendam zijn uitgevoerd. Ook worden hier de resultaten besproken van de metingen welke tijdens de aanleg zijn ingewonnen. Deze metingen zijn door het Staring Centrum onder begeleiding van de DWW uitgevoerd.

In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van de monitoring na aanleg beschreven, welke met name betrekking heeft op de vegetatie ontwikkeling, het erosieproces, bijzondere kenmerken en het voorkomen van bepaalde waterstanden. Hiervoor zijn regelmatig door het waterschap Zeeuws Vlaanderen op vaste locaties diverse dwarsprofielen gemeten en de doorworteling in kaart gebracht. De samenstelling van de verschillende soorten begroeiing op beide vakken en het verloop in de tijd, is in eerste instantie door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) uitgevoerd en nadien door de Directie Zeeland. Naast deze aspecten zijn zowel door het waterschap als de DWW nog diverse visuele inspecties gehouden om lokale bijzonderheden vast te leggen. De DWW heeft uit het DONAR bestand gegevens verzameld over het voorkomen van waterstanden. Ten slotte zijn in hoofdstuk 6 de belangrijkste resultaten geëvalueerd en worden enkele aanbevelingen gedaan.

2. Plan aanleg en monitoring.

Voorafgaande aan de aanleg van de beide dijkvakken is door de DWW een plan gemaakt¹ waarin alle relevante informatie is opgenomen m.b.t. de huidige situatie, de randvoorwaarden en de uitgangspunten, de hydraulische belastingen, de overige belastingen, de klei, het ontwerp, de vegetatie en de monitoring. Een aantal van deze aspecten welke van belang zijn bij de aanleg en de monitoring, worden in dit hoofdstuk kort samengevat. In het plan is uitgegaan voor het aanleggen van twee vakken (figuur 2.1), een vak waar geen of weinig veek zou aanspoelen (Van Alsteinpolder) en een vak waar altijd veel veek aanspoelt (Koningin Emmapolder).



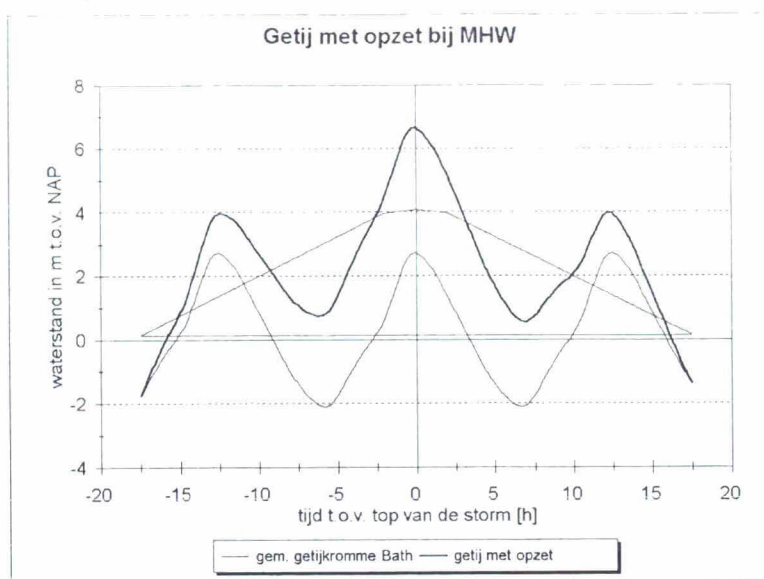
Figuur 2.1. Situatie dijkvakken en hoogwatervluchtplaats.

2.1 Belastingduur en benodigde kleilaagdikte.

De belangrijkste randvoorwaarde is dat de aan te leggen constructie moet voldoen aan bepaalde veiligheidsnormen. Wettelijk is vastgelegd dat de dijk en daarmee ook de bekleding sterk genoeg moet zijn om niet te bezwijken tot aan de fysieke omstandigheden die een kans van voorkomen heeft van 1 keer in de 4000 jaar. Deze omstandigheden worden per dijkvak vertaald in een combinatie van een golfhoogte (H_s) en een golfperiode (T_p), behorende bij een bepaalde waterstand. De golfhoogte en de golfperiode, samen de golfbelasting genoemd, zijn bepalend voor de sterkte waaraan de bekleding moet voldoen. Volgens de golftrandvoorwaarden op de Westerschelde² wordt voor de locatie (vak 79) zowel bij een waterstand van NAP+4,00 m en NAP+6,00 m een golfhoogte en een golfperiode gegeven. Omdat het Toetspeil 2000 gemiddeld voor de beide vakken op NAP+6,50 m ligt, is ook de golfhoogte en golfperiode voor deze hoogte bepaald. Vervolgens is aan de hand van de gemiddelde getijkromme van Bath, welke circa 10 cm hoger is dan bij de dijkvakken, de opzet tijdens maatgevende omstandigheden bepaald (figuur 2.1) en de belastingduur op verschillende niveau's en bij verschillende taludhellingen (tabel 2.1).

¹ Plan voor aanleg en monitoring proefvakken met klei als taludverdediging. Koningin Emmapolder en Van Alsteinpolder. DWW-rapport K-99-03-25, versie 4.

² Golftrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid, RIKZ 1997.



Figuur 2.1. Waterstandverloop onder maatgevende omstandigheden.

Toetsniveau	Golfhoogte	Helling 1:4	Helling 1:6	Helling 1:8
NAP+3,50 m	± 0,50 m	11,8 uur	9,2 uur	7,9 uur
NAP+5,00 m	± 1,00 m	13,7 uur	8,3 uur	4,2 uur
NAP+6,50 m	± 1,60 m	11,1 uur	4,8 uur	3,9 uur

Tabel 2.1. Belastingduur onder maatgevende omstandigheden.

Indien de bestaande helling (1:4) zou worden aangehouden, dan is gezien de belastingduur (reststerkte) een veel dikker kleipakket noodzakelijk dan bij een flauwer talud. Aan de andere kant gold ook als randvoorwaarde dat het buitendijks gelegen gebied zo min mogelijk mocht worden aangetast. Uiteindelijk is gekozen voor een taludhelling van 1:6, waarna de benodigde kleilaagdikte conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV, groene versie) onder maatgevende omstandigheden werd bepaald. Uitgaande van goed erosiebestendige klei is hiervoor een kleilaagdikte nodig van ten minste 1,7 m. In de LTV wordt de reststerkte van de klei slechts tot een dikte van 1,2 m gegeven. Omdat voor de dijkvakken te Saefthinghe een grotere reststerkte nodig is, is de laagdikte 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 werd ervan uitgegaan dat hierdoor in ieder geval een veilige constructie wordt verkregen.

Omdat eerdere stormen in hetzelfde seizoen voorafgaand aan een maatgevende storm, eveneens schade aan de bekleding kan hebben veroorzaakt, is een toeslag op de benodigde kleilaagdikte nodig. Aan de hand van de door Alkyon/RIKZ³ vastgestelde overschrijdingskansen van een bepaalde waterstand in combinatie met golfhoogten en golfperioden, is hiervoor een extra laagdikte van 0,30 m vastgesteld. Ook deze klei dient goed erosiebestendige te zijn.

³ Golfklimaat 2 proefvakken, Alkyon, mei 1998, met bijbehorend memo van RIKZ.

2.2 Overige randvoorwaarden.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden mocht het natuurgebied waaraan de beide vakken grenzen zo min mogelijk worden aangetast. Eveneens werd bepaald dat de werkzaamheden niet voor 1 juli gestart mochten worden en dat de werkzaamheden voor eind september gereed moesten zijn. Dit in verband met het broedseizoen en de overwintering van watervogels in het gebied. In het kader van hergebruik vrijkomende materialen moest de huidige toplaag apart worden gehouden en na het aanbrengen van de erosiebestendige klei weer als toplaag worden teruggezet. Ter beoordeling van de fysische samenstelling en de erosiebestendigheid van deze toplaag, zijn voordien een aantal monsters op een diepte van 0,5 m beneden maaiveld gestoken welke door Fugro zijn onderzocht. De resultaten van dit onderzoek zijn in het 'Plan voor aanleg en monitoring' in detail beschreven waarvan hier in tabel 2.2. een samenvatting is opgenomen.

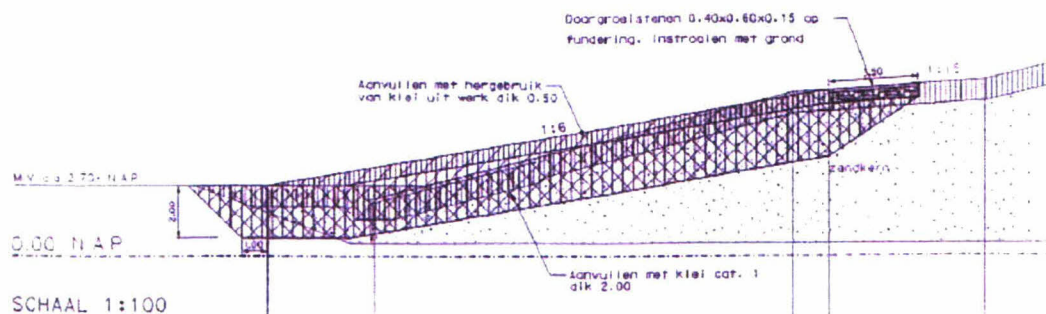
Parameter	Eenheid	Alsteinpolder	Emmapolder
Gehalte > 63 µm (zand)	%(m/m)	16	36
Gehalte < 2 µm (lutum)	%(m/m)	20	15
organische stofgehalte	%(m/m)	8	5
kalkgehalte	%(m/m)	13	13
zoutgehalte	g/l bodemvocht	1,7	0,7
vloeigrens	%(m/m)	50	37
uitrolgrens	%(m/m)	27	24
erosiebestendigheid	-	goed	slecht

Per locatie zijn zowel uit de boven- als de ondertafel 4 monsters gestoken, waarvan hier de gemiddelde waarde is opgenomen.

Tabel 2.2. Samenstelling en erosiebestendigheid toplaag.

Naast de samenstelling is tijdens het steken van de monsters ook de laagdikte per locatie bepaald. In de Van Alsteinpolder varieerde deze van 0,80 tot 0,85 m en in de Koningin Emmapolder van 0,60 tot 0,85 m.

Omdat bij de aanleg vrij grote hoeveelheden grond zou vrij komen (figuur 2.2) en er in het natuurgebied weinig vluchtplaatsen zijn voor het aanwezige vee bij hoge waterstanden, was het idee ontstaan om hiermee de aanleg van een hoogwatervluchtplaats op het schor te realiseren. De ongeschikte klei van op en onder de blokken en het zand kan hierin worden verwerkt en zal nabij dijkpaal 120 van de Koningin Emmapolder worden aangelegd.



Figuur 2.2. Ontwerprofiel kleidijk.

2.3 Benodigde klei.

De klei welke nodig is voor het aanleggen van beide demonstratievakken, moet goed erosiebestendig zijn. Voor het bepalen van de erosiebestendigheid zijn door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen⁴ eisen opgesteld. Deze eisen zijn in tabel 2.3. weergegeven.

Parameter	eenheid	Waarde
vloeigrens (w_l)	%(m/m)	≥ 45
plasticiteitsindex (I_p)	%(m/m)	$> 0,73 * (w_l - 20)$
Zandgehalte	%(m/m)	< 40
organische stofgehalte	%(m/m)	≤ 5
zoutgehalte (NaCl)	g/l bodemvocht	≤ 4
consistentie-index bij verwerken (I_c)	-	$\geq 0,75$
maximum watergehalte (W_{max})	%(m/m)	$w_l - 0,75 * I_p$
minimum watergehalte (W_{min})	%(m/m)	proctorproef
kalkgehalte (HCI massaverlies)	%(m/m)	≤ 25

Tabel 2.3. Eisen waar goede erosiebestendige klei aan moet voldoen.

Om verzekerd te zijn dat een aannemer over voldoende erosiebestendige klei kan beschikken, is bepaald dat al bij inschrijving moet worden aangetoond dat zij hieraan kunnen voldoen. Vervolgens zal in opdracht en onder begeleiding van de directie een vooronderzoek t.a.v. de gestelde eisen op de winplaats of het depot plaatsvinden.

2.4 Aanbrengen en verdichten van de klei.

Voor het aanbrengen van de erosiebestendige klei zijn eveneens een aantal eisen opgenomen. Zo mag de klei alleen verwerkt worden indien het watergehalte binnen de gestelde eisen ligt en moet de klei in lagen van maximaal 0,40 m, na verdichting gemeten, worden aangebracht. De droge dichtheid van elke laag dient tenminste 97% van de proctordichtheid bij het actuele watergehalte te bedragen. Het verdichten van deze klei dient te geschieden met een bulldozer. Ervaring elders heeft geleerd dat tenminste 8 overgangen van een bulldozer nodig zijn om de vereiste verdichtinggraad te halen. De laagdikten dienen d.m.v. enkele waterpaspunten in 3 raaien (dwarsprofielen) te worden vastgesteld. Voor het vaststellen van de vereiste verdichtinggraad is in het 'Plan voor aanleg en monitoring' i.v.m. de snelle werkwijze de voorkeur uitgesproken om gebruik te maken van een Troxler-apparaat en de resultaten steekproefsgewijs te controleren middels steekbusmonsters. Voor de 0,5 m dikke toplaag is vooralsnog geen minimale verdichtinggraad vastgesteld. Wel dient deze in 2 lagen te worden aangebracht en met 4 bulldozerovergangen te worden verdicht.

⁴ Technisch rapport klei voor dijken. TAW, Delft, mei 1996.

2.5 Monitoring tijdens aanleg.

Naast het vaststellen van de erosiebestendigheid van de klei, de aangebrachte laagdikten en de verdichtinggraad, dient de voortgang van de werkzaamheden en overige bevindingen te worden vastgelegd middels dagrapporten en foto's. Volgens het 'Plan voor aanleg en monitoring' dienen deze werkzaamheden door een onafhankelijke deskundige te worden uitgevoerd, die tijdens de gehele aanlegperiode aanwezig is. Ook moet na aanleg van de vakken diverse metingen en opnames worden verricht welke voor de monitoring als uitgangspunt (nulmeting) kunnen dienen. Alle bevindingen en relevante gegevens m.b.t. de aanleg en de nulmeting dienen in een rapport te worden vastgelegd.

2.6 Monitoring na aanleg.

Om het gedrag en de onderhoudskosten van een dergelijke constructie vast te stellen, is gezien de geringe kans op voorkomen van hogere waterstanden (\geq NAP+4,00 m) een vrij lange monitoringsperiode nodig. Vooruitlopend hierop moet al na enkele jaren een beslissing worden genomen of een dergelijke constructie haalbaar is voor het gehele dijkvak langs het Verdrongen Land van Saeftinghe. Deze beslissing zal dan voornamelijk gebaseerd zijn op de uitvoeringsaspecten en het gedrag onder dagelijkse omstandigheden. Onder gedrag dagelijkse omstandigheden wordt o.a. het erosieproces bij lagere waterstanden, graverij van dieren (mollen, konijnen, muskusratten etc.), de ontwikkeling van vegetatie en onderhoudsaspecten (o.a. maaien) verstaan.

Voor wat betreft het erosieproces van de toplaag is in het 'Plan voor aanleg en monitoring' een prognose opgenomen van de erosiediepte voor waterstanden welke in een gebruikperiode van 50 jaar kunnen voorkomen, zie tabel 2.4. Opgemerkt moet worden dat de toplaag geheel mag eroderen en zolang de erosiebestendige kleilaag niet wordt aangetast, behoeft deze ook niet te worden hersteld. Deze prognose welke d.m.v. jaarlijkse profielmetingen kan worden gecontroleerd, is voornamelijk gebaseerd op ervaringcijfers en aannamen en zal voornamelijk rond de hoogwaterlijn optreden. Gezien het verschil in samenstelling van de toplaag zal naar verwachting de erosie in de Koningin Emmapolder groter zijn dan in de Van Alsteinpolder.

Waterstand dijkvakken m tov NAP	Kans van voorkomen	Golf-hoogte in m	Belasting in uren bij waterstand	Belasting in uren per periode	Alsteinpolder erosiediepte toplaag cat 1	Emmapolder erosiediepte toplaag cat 3
+3,0 tot +3,5	100 / 1	$\leq 0,10$	1,0	100 h / jaar	$\leq 0,10$ m / jaar	$\leq 0,20$ m / jaar
+3,5 tot +4,0	10 / 1	$\leq 0,20$	1,6	16 h / jaar		
+4,00	1 / 1	0,28	1,9	1,9 h / jaar	$\leq 0,10$ m	$\leq 0,20$ m
+4,10	1 / 2	0,33	2,0	2,0 h / 2 jaar	$\leq 0,15$ m	$\leq 0,30$ m
+4,25	1 / 5	0,45	2,3	2,3 h / 5 jaar	$\leq 0,20$ m	$\leq 0,40$ m
+4,45	1 / 10	0,52	2,5	2,5 h / 10 jaar	$\leq 0,25$ m	$\leq 0,50$ m
+4,70	1 / 20	0,58	2,6	2,6 h / 20 jaar	$\leq 0,30$ m	$\leq 0,60$ m
+4,90	1 / 50	0,65	2,8	2,8 h / 50 jaar		

Tabel 2.4. Schadeverwachting en kans van voorkomen.

De doorworteling en de plantensoorten in het buitentalud dient eveneens jaarlijks te worden gemonitord. In het 'Plan voor aanleg en monitoring' wordt echter vermeld dat het wortelonderzoek volgens de LTV het beste in de maanden augustus en september kan worden uitgevoerd. Naar aanleiding van de Helpdeskvraag (98047a) moet dit worden gewijzigd in december t/m maart. Overige bevindingen kunnen zowel fotografisch als schriftelijk worden vastgelegd.

2.7 Huidige en te verwachte vegetatie.

In het kader van hergebruik van grondstoffen en ter bevordering van het herstel van een soortenrijke vegetatie, dient de oorspronkelijke vegetatielaag na aanleg van de erosiebestendige kleilaag te worden teruggeplaatst. Ter controle van dit herstel is daarom voor de uitvoering van de werkzaamheden geïnventariseerd welke soorten er op dat moment voorkwamen. Deze inventarisatie is op 10 juni 1999 door RIKZ uitgevoerd. De grasbermen en het bovenste deel van het talud in beide vakken waren echter op dat moment al gemaaid. Consequentie hiervan was dat de bermen buiten beschouwing zijn gebleven en in de van Alsteinpolder alleen het onderste deel van het talud en het schor kon worden geïnventariseerd. Voor het vak in de Koningin Emmapolder waar het gehele talud was gemaaid, kon alleen een globale inventarisatie worden uitgevoerd. Het schor in de Koningin Emmapolder waar een dik veekpakket lag, werd eveneens in de inventarisatie meegenomen. De mate van voorkomen is zoveel mogelijk gecodeerd volgens de methode Transley en Chip. De flora-inventarisatie is op 26 augustus 1999 door RIKZ⁵ gerapporteerd. In bijlage 5.4 zijn de aangetroffen soorten samen met de nadien gehouden inventarisaties opgenomen.

Tevens heeft RIKZ een onderzoeksplan⁶ m.b.t. de vegetatie opgesteld, waarin een globaal beeld wordt gegeven van de te verwachten vegetatieontwikkeling. Deze is:

- In de **van Alsteinpolder** zal op de nieuwe 'kleiglööing' onderaan een vegetatie kunnen ontstaan met een zeker brak/zilt karakter. Soorten hierin kunnen zijn; Gewoon kweldergras, Fioringras en Strandkweek. Op de overgang naar het schor kunnen soorten als Engels slijkgras, Zeebies, Aster en Riet voorkomen. Hoger op de nieuwe 'glooing' zal de normale dijkvegetatie ontstaan met soorten als Roodzwenkgras, Strandkweek, Rietgras, Veldbeemdgras en Fioringras.
- In de **Koningin Emmapolder** komt zeer veel veek terecht. Als gevolg hiervan zal de vegetatie op het onderste deel van de dijk en op de eerste schorzone een sterk ruderaal karakter behouden. Belangrijke soorten hierin zijn o.a. Spiesmelde, Strandmelde, Akkerdistel, Grote brandnetel, Zilverschoon en Strandkweek. Boven het bereik van de veekzone zal zich een grassenvegetatie kunnen ontwikkelen zoals op de meeste dijken voorkomt met soorten als Roodzwenkgras, Strandkweek, Rietgras, Veldbeemdgras en Fioringras.

Apart hiervan kunnen zich met name bij de **van Alsteinpolder** nog andere ontwikkelingen voordoen. Daarbij kan met name gedacht worden aan het ontstaan van reliëf in de 'kleiglööing' t.g.v. erosie door golfslag. Door dit reliëf ontstaan er microgradiënten waarbij de kuilen vochtiger en mogelijk ook zouter zullen zijn dan de

⁵ Memo RIKZ (A. van der Pluijm) van 26 augustus 1999 m.b.t. flora-inventarisatie van twee dijkvakken bij Saeftinghe.

⁶ Onderzoeksplan dijkvakken Saeftinghe van RIKZ (D.J. de Jong), d.d. 14-12-1999, werkdocument RIKZ/OS-99.862x.

hogere delen ertussen. Dit kan leiden tot lokale verschillen in de vegetatie waarbij meer naar onderen ook soorten als Schorrezoutgras, Zeeaster, Zeeweegebree en meldesoorten een kans krijgen.

3. Zoektocht naar en winnen van klei.

3.1 Diverse klei beoordelingen.

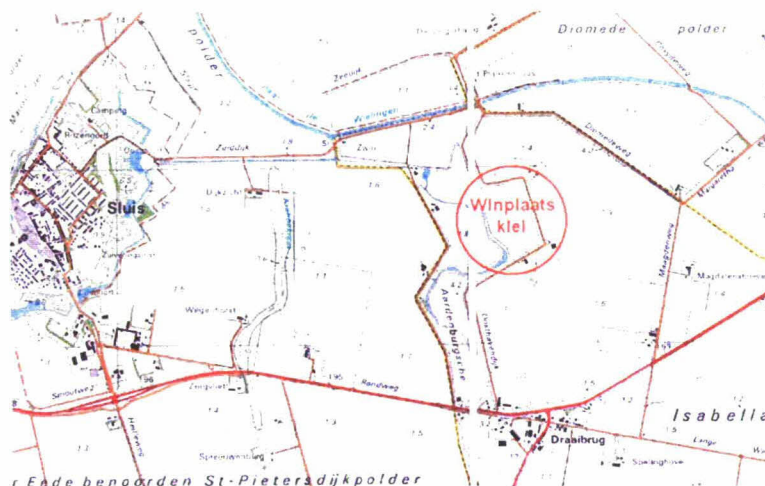
Om in een vroeg stadium te bezien of aan de gestelde eisen voor de klei kon worden voldaan, werd al begin 1998 verschillende beschikbare monsteranalyses van klei op erosiebestendigheid beoordeeld. Vastgesteld werd dat niet in alle gevallen de herkomst of de exacte winplaats bekend was. Ook was de wijze van monsternamen niet in alle gevallen even duidelijk en waren sommige analyseresultaten vrij oud. Een tweede beoordeling van diverse kleien heeft plaatsgevonden nadat begin 1999 nieuwe analyseresultaten bij diverse aannemers (combinaties) waren opgevraagd en ontvangen. Dit omdat het kunnen beschikken over de gewenste kleikwaliteit en de gewenste hoeveelheid één van de gunningscriteria zou zijn. De aannemers dienden dit middels een 5-tal analyseresultaten te kunnen aantonen. Tevens werd aan de aannemers gevraagd om van deze klei ook de analyseresultaten van de chemische kwaliteit aan te leveren. Opmerkelijk was dat in eerste instantie niet alle aannemers het gevraagde aanleverde en dat uiteindelijk slechts één van de vijf locaties mogelijk aan beide eisen (erosiebestendigheid en schone grond) voldeed. Omdat min of meer gelijktijdig bekend werd dat ook klei betrokken kon worden uit de Aardenburgse Havenpolder (zie 3.2), is de eis dat de aannemer moest kunnen beschikken over de gewenste klei komen te vervallen.

3.2 Vooronderzoek klei Aardenburgse Havenpolder.

In maart 1999 werd bekend dat in West Zeeuws Vlaanderen circa 40.000 m³ klei uit een ontgrondingsgebied tegen ontgravingskosten beschikbaar zou komen (figuur 3.1). Op verzoek van PBZ zijn daarop een vijftal monsters gestoken, welke ter analyse naar het StaringCentrum zijn gezonden. Volgens de bijgeleverde boorbeschrijving zou het gaan om klei uit een jonge afzetting met vermoedelijk een hoog kalkgehalte. De vijf monsters waren verspreid over het gebied genomen, waarbij de diepte varieerde van 0,80 m tot 1,50 m. In de eerste helft van april waren alle analyse resultaten bekend en is de klei beoordeeld aan de hand van de door de TAW gestelde eisen. Volgens deze beoordeling konden alle monsters worden ingedeeld in de categorie 1, hetgeen goed erosiebestendige klei betekent. Ook het organische stofgehalte, het kalkgehalte en het zoutgehalte lagen binnen de gestelde eisen. Van 1 monster was het watergehalte te hoog om de klei direct te verwerken. Mogelijk had het hoge watergehalte een relatie met de diepte van het gestoken monster. Naar aanleiding van de gevonden analyseresultaten mocht toen worden aangenomen dat de locatie in principe beschikt over de gewenste kwaliteit klei.

Begin april 1999 zijn via het projectbureau nog aanvullende gegevens ontvangen over en de globale inrichting van het gebied na afgraven. Het ligt namelijk in de bedoeling dat hier een natuurgebied gecreëerd wordt wat van groot belang kan zijn voor de bestaande boomkikkerpopulatie. Ook cultuurhistorische en landschappelijke waarden worden bij een 'gedeeltelijke' reconstructie van een oude kreekbedding gediend. Volgens de gegevens, welke echter uit 1988 dateren, ligt over het gehele terrein een laag teelaarde van 0,30 à 0,35 m dik. Verder is men bij het bepalen van de hoeveelheid klei uitgegaan van de gemiddelde kleidikte per profiel, hetgeen onvoldoende informatie gaf over de werkelijke hoeveelheid goede erosiebestendige

klei. Ten aanzien van het hoge watergehalte in één van de monsters, het vaststellen van de dikte van de laag teelaarde (bovenlaag) alsmede de werkelijke hoeveelheid goede erosiebestendige klei werd daarom een gedetailleerd grondonderzoek uitgevoerd.



Figuur 3.1. Winplaats klei Aardenburgse Havenpolder.

3.3 Fysische eigenschappen klei Aardenburgse Havenpolder.

Het gedetailleerde grondonderzoek is op 13 april 1999 door het StaringCentrum onder begeleiding van de DWW uitgevoerd, waarbij in de 8 profielen 24 handboringen zijn uitgevoerd. Voor zover het de boorlengte (2m) toeliet is ook de kleidikte en de ligging van het grondwater vastgesteld. Op een achttal plaatsen was het kleipakket dikker dan 2 m en de ligging van het grondwater lag op of iets boven NAP. Bij de diepe boringen werd tevens vastgesteld dat de klei op circa 0,3 à 0,5 m beneden het grondwater blauw van kleur was, hetgeen wijst op ongerijpte klei. Deze klei is derhalve niet geschikt om na winning direct te verwerken. Alhoewel een graszode ontbreekt, is ook de klei aan het oppervlak (circa 0,2 m) minder geschikt, omdat deze gestructureerd en te droog is (foto 3.1).

Aardenburg, 13-04-1999



Foto 3.1. Overzicht winplaats klei Aardenburgse Havenpolder.

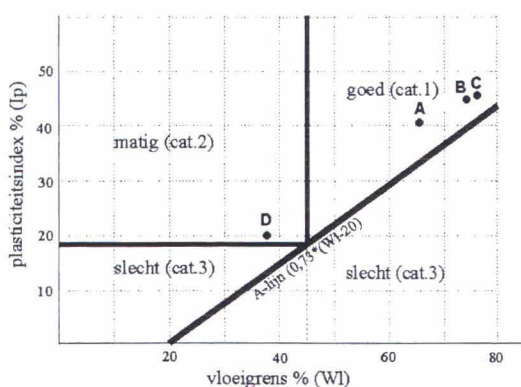
Van de klei welke visueel wel geschikt wordt geacht zijn in totaal 28 monsters genomen en wel 24 monsters op een diepte van 0,4 tot 0,8 m beneden maaiveld en 4 monsters op een diepte van meer dan 1,0 m beneden maaiveld. Op 1 locatie (monster 12a) welke dicht bij de rand van een eerdere afgraving lag, werd het kleimonster in het veld als vrij zandig beoordeeld. Van de in totaal 28 kleimonsters zijn vervolgens 24 monsters door het StaringCentrum geanalyseerd op hun fysische eigenschappen. Hierbij zijn inbegrepen de 4 monsters welke op een diepte van meer dan 1,0 m beneden maaiveld zijn genomen. Van de ondiepe (0,4-0,8 m) en diepe (>1,0 m) monsters zijn de gemiddelde waarden (zie tabel 3.1) bepaald met tussen haakjes de standaardafwijking. Opgemerkt wordt dat monster 12a hierbij niet is inbegrepen, maar apart is weergegeven. Deze gegevens zijn vergeleken met de 5 eerder geanalyseerde monsters uit het vooronderzoek.

Parameter	Eenheid	Vooronderzoek A (div)	Detail onderzoek		
			B (ondiepe)	C (diepe)	D (12a)
Aantal monsters	-	5	20	4	1
zand (>63 µm)	%(m/m)	19,7 (4,2)	23,4 (3,7)	33,0 (7,0)	24,6
lutum (<2 µm)	%(m/m)	34,6 (4,7)	39,0 (2,8)	30,8 (2,3)	20,2
silt (2-63 µm)	%(m/m)	45,7 (2,8)	37,6 (2,2)	36,3 (4,9)	55,2
org.stof (<5%)	%(m/m)	3,6 (0,4)	2,6 (0,7)	2,9 (0,9)	1,4
kalk CaCO ₃ (<25%)	%(m/m)	21,8 (1,4)	22,7 (1,6)	26,0 (1,3)	6,5
zout NaCl (<4 g/l)	g/l bv	0,9 (0,3)	0,2 (0,1)	0,1 (0,0)	0,2
benaming monster	NEN5104	Ks3	Ks2	Ks3	Ks4
vloeigrens (Wl)	%(m/m)	66,2 (6,6)	73,4 (6,2)	76,5 (4,4)	38,0
uitrolgrens (Wp)	%(m/m)	25,6 (2,3)	29,2 (1,9)	31,0 (1,4)	18,0
plasticiteitsindex (Ip)	-	40,6 (4,4)	44,2 (5,0)	45,5 (3,8)	20,0
watergehalte (W)	%(m/m)	35,3 (5,4)	32,6 (1,5)	53,4 (4,2)	25,5
consistentieindex (Ic)	-	0,76(0,23)	0,92 (0,04)	0,51 (0,07)	0,63
erosiebestendigheid	eisen klei	goed	goed	goed	matig
Wmax bij Ic van 0,75	%(m/m)	35,8(3,4)	40,3 (2,8)	42,4 (1,9)	23,0

Tabel 3.1 Gemiddelde waarden fysische eigenschappen kleimonsters Aardenburg.

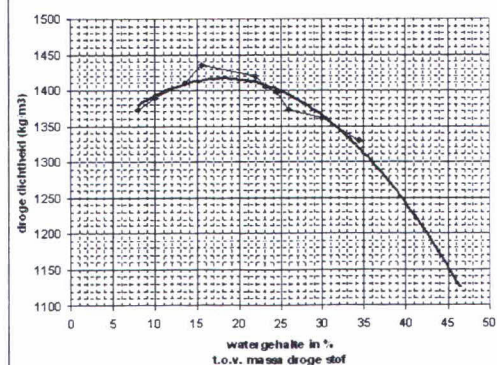
In figuur 3.2 zijn de gemiddelde waarden t.a.v. erosiebestendigheid in de plasticiteitsdiagram ingetekend. Daarnaast is door het Staringcentrum op een mengmonster van de 24 afzonderlijke monsters een proctorproef uitgevoerd ter bepaling van de maximale te behalen dichtheid (figuur 3.3.).

Plasticiteitsdiagram



Figuur 3.2. Erosiebestendigheid.

Proctordichtheid klei Aardenburg



Figuur 3.3. Maximale proctordichtheid.

Aan de hand van de analyseresultaten kan worden vastgesteld dat de klei volgens de TAW-eisen gerekend kan worden tot de categorie goed erosiebestendig. Plaatselijk zoals aan de rand van het depot valt de de klei in de categorie matig erosiebestendig. Het organische stof- en zoutgehalte ligt ruim beneden de toelaatbare grenzen. Het overschrijden van het kalkgehalte boven de toelaatbare grens van 25% met gemiddeld 1%, wordt gezien de geringe spreiding tussen de monsters niet als bezwaarlijk gezien. Volgens de RAW bepalingen dient het vochtgehalte van de klei bij verwerking te liggen tussen het optimum vochtgehalte en het vochtgehalte bij een consistentie-index (Ic) van 0,75. Het optimum vochtgehalte waarbij de grootste dichtheid kan worden verkregen ligt voor deze klei volgens de proctorproef tussen de 13 en 25%. Het maximum watergehalte bepaald met behulp van de Atterbergse grenzen ligt voor deze klei bij een consistentie-index van 0,75 tussen de 35 en 40%. Aangezien het watergehalte van de diepe kleimonsters op ruim 50% ligt, is deze klei te nat om na ontgraven direct te verwerken. Met uitzondering van de laag aan het oppervlak (circa 0,2 m) kan de klei tot een diepte van ruim 1 m beneden maaiveld wel direct in de dijk worden verwerkt.

Aan de hand van de hiervoor genoemde analyseresultaten en de eerder ingemeten profielen, is de hoeveelheid beschikbare en geschikte klei bepaald (zie tabel 3.2). Bij deze berekening is ervan uitgegaan dat een strook grond langs de kreek van 25 m niet wordt afgegraven, het maaiveld op gemiddeld NAP+1,6 m ligt, de toplaag 0,2 m dik is, de laag daaronder waarvoor de ondiepe monsters representatief zijn 0,9 m dik is en de laag waarvoor de diepe monsters representatief zijn tot NAP+0,00 m reikt. De klei vanaf ongeveer NAP is ongerijpt (grijs-blauw) en niet geschikt voor verwerking in de dijk.

Laag	Hoogteligging in m t.o.v. NAP	Laagdikte in m	Hoeveelheid in m ³	Geschiktheid klei in dijkvakken
klei toplaag	+1,6 tot +1,4	0,2	7.500	niet geschikt
klei bovenlaag	+1,4 tot +0,5	0,9	30.000	direct toepasbaar
klei onderlaag	+0,5 tot +0,0	0,5	7.000	eerst verlagen vochtgehalte

Tabel 3.2. Hoeveelheden klei te Aardenburg.

3.4 Chemische samenstelling klei Aardenburgse Havenpolder.

Alhoewel de locatie als landbouwgrond in gebruik was, is in het kader van het bouwstoffenbesluit nog een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is door het Grond-, Gewas- en Milieulaboratorium 'Zeeuws-Vlaanderen' b.v. in juni 1999 uitgevoerd op een drietal monsters welke door het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen zijn genomen. Door het laboratorium zijn de analyseresultaten vervolgens vergeleken met de naar standaardbodem omgerekende toetsingswaarden, waarna is vastgesteld dat in de monsters geen verontreinigingen zijn aangetroffen.

3.5 Winnen van de klei uit Aardenburgse Havenpolder.

Voordat de geschikte klei kon worden gewonnen, is eerst de toplaag van circa 0,2 m afgegraven. Deze toplaag is in een wal rond de Aardenbrugse Havenpolder verwerkt (foto 3.2). Tijdens het ontgraven van de toplaag en de klei voor de dijkvakken (foto

3.3) heeft een medewerker van het waterschap toezicht gehouden om te voorkomen dat de onderliggende te natte kleilaag werd meegenomen.



Foto 3.2. Verwerking toplaag in een wal.



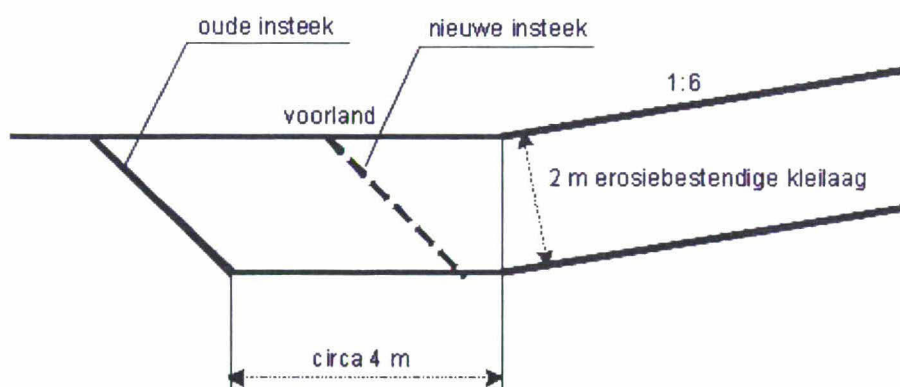
Foto 3.3. Selectief afgraven van de klei.

Ter controle van de eerder bepaalde hoeveelheden klei en de tot dat moment verwerkte hoeveelheden, heeft het Staring Centrum en de DWW tijdens de bouwvak de hoeveelheid ontgraven klei opgemeten. Op basis van nieuwe profielmetingen is de hoeveelheid ontgraven klei vastgesteld op circa 8.400 m³. Vervolgens is de theoretische hoeveelheid klei bepaald, welke in het ontgraven deel van de polder aanwezig zou zijn geweest. De theoretische hoeveelheid exclusief de 0,2 m dikke toplaag kwam op 8.300 m³. Ter controle of deze hoeveelheden ongeveer overeenkomen met de hoeveelheid welke tot dusver in de dijkvakken is verwerkt, is ook deze bepaald. Aan de hand van de tussentijds gemeten dwarsprofielen over beide dijkvakken, is deze vastgesteld op 8.500 m³. Op grond hiervan wordt aangenomen dat tot aan de bouwvak (t/m week 29) tussen de 8.300 en 8.500 m³ klei uit de Aardenburgse Havenpolder is ontgraven en in het demonstratievak van de Van Alsteinpolder is verwerkt. De totale hoeveelheid klei nodig voor beide vakken was berekend op circa 30.000 m³.

4. Aanleg van de demonstratievakken.

4.1 Aanpassingen van het ontwerpprofiel.

Bij het verwijderen van de oude teenconstructie bleek dat de aanwezige kleilaag aan de teen tenminste tot aan de te ontgraven diepte doorliep. Omdat ontgraven van deze klei en vervolgens aanbrengen van andere klei niet erg zinvol werd beschouwd, vroeg men zich af of de ontgraving niet dicht bij de teen kon worden gehouden. Volgens de profieltekeningen behorende bij het bestek zou de 2 m dikke kleilaag tot circa 4 m voorbij de overgang van het nieuw te maken talud en het voorland moeten doorlopen (figuur 4.1).



Figuur 4.1. Aanpassing ontwerpprofiel.

Eerder onderzoek⁷ naar de klei in het voorland aan de teen van de Van Alsteinpolder heeft uitgewezen dat deze klei volgens de toen geldende normen na rijping vermoedelijk wel geschikt zou zijn als bekledingsklei. Op grond van deze bevindingen is de klei na rijping bij de verbetering van 1983 dan ook als bekledingsklei op het buitentalud aangebracht. Recentelijk (1998) onderzoek van de klei op het buitentalud heeft uitgewezen dat de toplaag in de Van Alsteinpolder uit goede erosiebestendige klei bestaat (zie hoofdstuk 2.2).

Op grond van deze bevindingen is daarom op 12-07-1999 in overleg tussen PBZ en de DWW besloten om de teen niet geheel volgens tekening te ontgraven (oude insteek), maar om deze zo dicht mogelijk bij de oude te verwijderen teenconstructie te houden (nieuwe insteek).

4.2 Wijze en tijdstip van uitvoering.

Gedurende de aanleg van beide demonstratievakken is de gehele monitoring onder begeleiding van de DWW door een medewerker van het Staring Centrum uitgevoerd. De verschillende werkzaamheden zijn zowel schriftelijk⁸ als fotografisch vastgelegd.

⁷ Rapport betreffende de verbetering van de hoogwaterkering tussen Paal en Belgische grens. LGM-rapport CO-249620/99, maart 1982.

⁸ Resultaten van de werkzaamheden in het kader van de aanleg van de proefvakken Saeftinghe. Rapport DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1999.

Aan de hand van deze informatie en overige bevindingen wordt hier per dijkvak een samenvatting gegeven over de voortgang van de werkzaamheden.

4.2.1. Demonstratievak Van Alteinpolder.

Op 28 juni 1999 is gestart met het vrijmaken van de oude taludverdediging bestaande uit beton- en de doorgroeiblokken (foto 4.1). In de loop van de jaren is deze, nadat de constructie in 1983 was aangelegd, namelijk tot ongeveer halverwege de betonblokken onder het schor verdwenen. Vervolgens zijn de doorgroeiblokken en de betonblokken verwijderd. Omdat regenwater zich aan de teen verzamelde, is op 1 juli een pomp geplaatst om dit water af te voeren. Nadat het water voldoende was gezakt, zijn de overige betonblokken en de opsluitconstructie aan de teen verwijderd en via de berm afgevoerd. Op 5 juli is gestart met het verwijderen van de bovenlaag (slik) van het aangrenzende schor en wel tot waar de insteek van de nieuwe teen moest komen. Het slik alsmede de klei van onder de blokken werd naar de hoogwatervluchtplaats afgevoerd. Vervolgens is de klei welke als toplaag van de bestaande dijk fungeerde tot aan het zand afgegraven en buiten het aan te leggen dijkvak tijdelijk opgeslagen. Op 8 juli is gestart met het afgraven van het zand en het afvoeren naar de hoogwatervluchtplaats. Het afgraven van het zand en het onder profiel brengen is in twee etappes uitgevoerd, eerst onderin het talud tot aan de berm en nadien t.p.v. de berm (foto 4.2).



Foto 4.1. Vrijgemaakte blokken.



Foto 4.2. Afgraven zand

Zodra het zandbed onderin het talud onder profiel lag, is op 12 juli gestart met het aanbrengen van de erosiebestendige klei. Deze klei werd hoog in het talud dicht tegen de nog niet afgegraven berm aangebracht en met een bulldozer verspreid en verdicht. Op deze wijze werd een kleibaan verkregen waarover de vrachtwagens hun nieuwe lading konden aanvoeren. Ten gevolge van springtij kwam in de periode van 14 t/m 16 juli zeer veel water aan de teen te staan (foto 4.3), waardoor het aanbrengen van de erosiebestendige klei aan de teen moest worden uitgesteld en de klei verder in de berm verwerkt moest worden. Gevolg hiervan was echter wel dat de baan in een dusdanig tempo werd aangelegd dat tussentijdse metingen nagenoeg onmogelijk waren. Zodra het water aan de teen voldoende was gedaald kon ook hier de klei worden aangebracht. In de tussentijd was ook het zand t.p.v. de berm afgegraven en onder profiel gebracht. Tot aan het begin van de bouwvak op zaterdag 24 juli waren de werkzaamheden zodanig gevorderd, dat in profiel A (zie figuur 4.2) de erosiebestendige kleilaag geheel, in profiel B nagenoeg geheel en in profiel C voor de helft was aangebracht. In tegenstelling tot de veronderstelling dat de werkzaamheden tijdens de bouwvak (24 juli t/m 15 augustus) door moesten gaan, konden deze gezien de vorderingen toch worden onderbroken. Door het

StaringCentrum en de DWW is van deze onderbreking gebruik gemaakt om alle profielen opnieuw in te meten, dichtheidsmetingen uit te voeren en de resultaten te controleren en te verwerken.

Alsteinpolder, 15-07-1999



Foto 4.3. Aanvoerbaan met rijplaten.

Alsteinpolder, 15-09-1999



Foto 4.4. Aanbrengen kunststofgrasplaten.

Na de bouwvak werd in de periode van 16 t/m 23 augustus de laatste erosiebestendige klei aangebracht. Tevens werd in deze periode ook een begin gemaakt (profiel A) met het aanbrengen van de toplaag met een dikte van 0,5 m. Deze toplaag bestond uit klei welke van het buitentalud was afgegraven en tijdelijk buiten het dijkvak was opgeslagen. Op het werk werd deze toplaag de cosmetica klei genoemd. Het aanbrengen van de kunststof grasplaten (foto 4.4) kwam ongeveer half september gereed. Nadien is het hekwerk geplaatst om het vee gedurende de monitoringsperiode uit het dijkvak te weren. In tegenstelling tot het dijkvak in de Koningin Emmapolder is aan de teen geen hekwerk geplaatst, omdat gezien de ligging van het schor dit niet noodzakelijk werd geacht.

4.2.2. Demonstratievak Koningin Emmapolder.

De werkzaamheden in de Koningin Emmapolder zijn op 5 juli 1999 gestart met het verwijderen van het veek aan de teen. In dit dijkvak spoelt namelijk veel materiaal aan. Na aanleg van de taludverdediging in 1983, is deze dan ook nagenoeg geheel onder het slib (kleilig materiaal) en het veek verdwenen. Om te bezien waar de teenconstructie zich bevind is daarom op 6 juli eerst een proefsleuf gegraven.



Foto 4.5. Vrijmaken teenconstructie.

Emmapolder, 23-08-1999



Foto 4.6. Aanbrengen 1^e kleilaag.

Nadat het talud en de teen waren vrijgemaakt (foto 4.5), konden de doorgroeiblokken, de betonblokken en de teenconstructie worden verwijderd en afgevoerd. Deze

werkzaamheden kwamen op 13 juli gereed, waarna kon worden gestart met het afgraven van de kleilaag. Ook hier is een deel van de kleilaag opzij gezet om later als toplaag op de erosiebestendige klei te dienen. Het overige deel is afgevoerd naar de hoogwatervluchtplaats. De klei welke op deze locatie veel zanderiger is dan in de Van Alsteinpolder, was plaatselijk ook maar circa 0,50 m dik. Om het water aan de teen te verwijderen, was ook hier een pomp noodzakelijk. Het afgraven van het zandbed is op 15 juli gestart en was bij aanvang van de bouwvak op zaterdag 24 juli grotendeels gereed. Tijdens de bouwvak zijn de dwarsprofielen door het Staring Centrum en de DWW opnieuw gemeten en gecontroleerd, waaruit bleek dat het zandbed in de profielen D en E nog niet op de gewenste diepte lag. Na de bouwvak is dit gelijktijdig met het afgraven van het bovenste gedeelte van het talud meegenomen. Op 20 augustus is een begin gemaakt met het aanbrengen van de erosiebestendige klei, eerst bovenin en vervolgens beneden aan het talud (foto 4.6). Omdat in de Van Alsteinpolder vanaf 24 augustus geen erosiebestendige klei meer nodig was, kon alle aanvoer naar de Koningin Emmapolder. Hierdoor was de aanvoer soms zo groot, dat de vrachtwagens moesten wachten om te kunnen lossen (foto 4.7).



Foto 4.7. In de rij om te lossen.

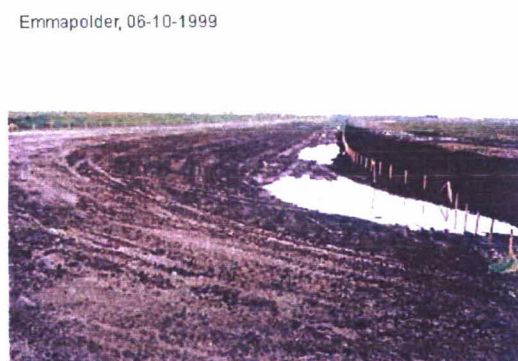


Foto 4.8. Op inzaaien na gereed.

Op 9 september zijn de laatste vrachten erosiebestendige klei aangevoerd, verwerkt en verdicht. Nadat de bovenkant van de erosiebestendige klei was afgewerkt, werd direct begonnen met het aanbrengen van de toplaag. Eerst beneden aan de teen en vervolgens hoger op het talud. Deze werkzaamheden kwamen in week 37 gereed, waarna begonnen werd met het aanbrengen van de kunststof doorgroeiplaten op de berm. Met het plaatsen van het hekwerk rond het dijkvak vanaf week 38 konden de werkzaamheden m.u.v. het inzaaien, als voltooid worden beschouwd (foto 4.8). Het inzaaien van de beide dijkvakken is als half oktober uitgevoerd.

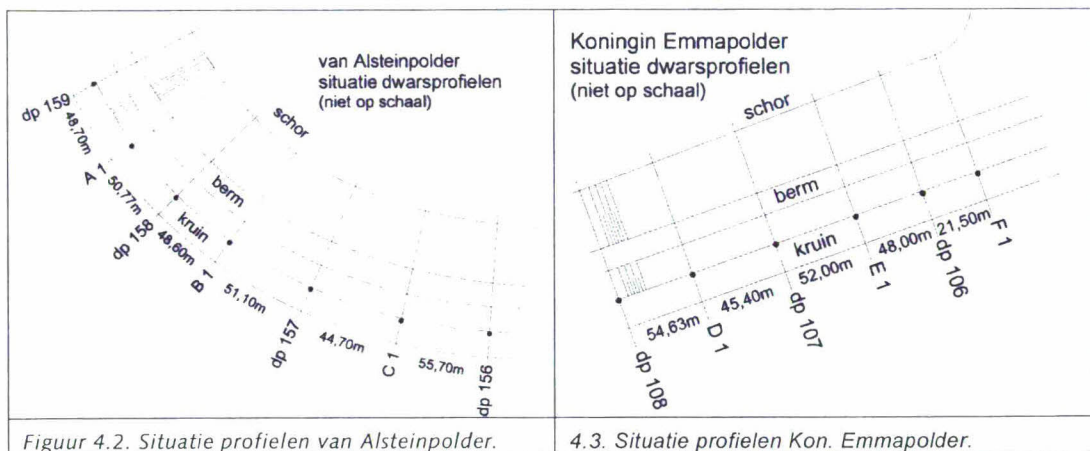
4.3 Metingen tijdens aanleg.

Naast de totale dikte van de erosiebestendige klei en de taludhelling is de mate van verdichting eveneens een belangrijke monitoringsparameter. Daarom is in het ontwerpplan en het bestek bepaald dat de erosiebestendige klei in lagen van maximaal 0,40 m gemeten na verdichting moet worden aangebracht, hetgeen door middel van profiel- en dichtheidsmetingen in tenminste 3 dwarsprofielen per vak dient te worden gecontroleerd. Voor de toplaag van 0,50 m welke op de erosiebestendige kleilaag komt, is bepaald dat deze in twee lagen moet worden aangebracht. Voor deze laag worden geen eisen aan de verdichting gesteld.

4.3.1. Dwarsprofielen en laagdikten.

De dwarsprofielen zijn t.o.v. een vast nulpunt op de kruin gedurende de aanlegperiode regelmatig ingemeten. De hoogten van de nulpunten zijn bepaald aan de hand van NAP-bouten. Na omrekening t.o.v. NAP zijn de profielen in een spreadsheet opgeslagen en grafisch weergegeven. Omdat de lengte- en hoogteschaal verschillend zijn geeft dit een enigszins vertekend beeld van de werkelijkheid. Verder bleek tijdens de uitvoering dat het aanbrengen van lagen van 0,40 m klei, waarna de profielen gemeten zouden worden, uitvoeringstechnisch niet haalbaar was. Desondanks krijgt men aan de hand van de door het Staring Centrum gemeten profielen een goed beeld van hoe de aanleg is verlopen.

Door het aanbrengen van een tonronte bij de afwerking van de erosiebestendige kleilaag en de toplaag is de taludhelling niet overal gelijk. Over het algemeen varieert deze in dwarsrichting tussen 1:5 en 1:6. Ook in lengterichting varieert de taludhelling op een bepaald niveau in dezelfde orde van grootte. Boven aan het talud is de helling over het algemeen flauwer (1:9 à 1:10) omdat deze aansluit op de buitenberm.



Figuur 4.2. Situatie profielen van Alsteinpolder.

4.3. Situatie profielen Kon. Emmapolder.

Van Alsteinpolder.

Op 23 juni 1999 is de oude situatie in drie dwarsprofielen vastgelegd. De profielen A, B en C liggen tussen de dijkpalen 159-158, 158-157 en 157-156 in, zie figuur 4.2. Vervolgens zijn op gezette tijden opnieuw dwarsprofielen gemeten om zowel de ontgraving als de verschillende ophogingen vast te leggen. Op 15 juli stond t.g.v. springtij zoveel water aan de teen (foto 4.3), dat de profielen niet in zijn geheel konden worden gemeten. Zodra de erosiebestendige kleilaag was aangebracht, in profiel A was dat op 27 juli, in profiel B op 18 augustus en in profiel C op 24 augustus, zijn de profielen nogmaals gemeten. Nadat de toplaag was aangebracht zijn de profielen voor het laatst gemeten. In bijlage 4.1 zijn de gemeten dwarsprofielen in de aanlegperiode grafisch weergegeven. Ter controle van de laagdikten zijn in profiel A op 16 augustus een tweetal handboringen uitgevoerd. Op een afstand van 17,00 m uit nul was de erosiebestendige klei 2,35 m dik en op een afstand van 25 m uit nul 2,00 m. Op 26 augustus is ook in profiel C de laagdikte middels een tweetal handboringen gecontroleerd. Op een afstand van 23,65 m was de erosiebestendige kleilaag 1,95 m dik en iets verder en iets naast het profiel was deze 2,00 m dik. In profiel B zijn geen controleboringen uitgevoerd.

Uit zowel de boringen als uit de dwarsprofielen blijkt dat de laagdikte van de erosiebestendige klei nogal van plaats tot plaats kan verschillen. Desondanks wordt de in het ontwerp bepaalde kleilaagdikten van minimaal 2,00 m over het algemeen ruim gehaald. Voor wat betreft de dikte van de toplaag blijkt dat deze, met uitzondering in profiel A aan de teen, overal tussen de 40 en 50 cm dik is. Nagenoeg in het gehele vak is als toplaag het oude kleidek hergebruikt. Alleen op een klein gedeelte voorbij dwarsprofiel C is boven in het talud i.v.m. een gering tekort, 8 vrachtwagenladingen klei van de Koningin Emmapolder aangevoerd. Deze klei welke eveneens afkomstig is van het oude kleidek, is echter veel zandiger dan de hergebruikte klei in de van Alsteinpolder.

Koningin Emmapolder.

Op 24 juni 1999 is in drie dwarsprofielen de oude situatie vastgelegd. De profielen D, E en F liggen tussen respectievelijk de dijkpalen 108-107, 107-106 en 106-105 in, zie figuur 4.3. Ook hier zijn tijdens de aanleg regelmatig profielen gemeten. In profiel F werd op 20 juli de situatie na ontgraving gemeten, in profiel E was dat op 23 augustus en in profiel D op 25 augustus. De bovenkant van de erosiebestendige kleilaag werd op 2 september in profiel D gemeten, in profiel E op 7 september en in profiel F op 9 september. De bovenkant van de toplaag werd op 22 september gemeten. De gemeten profielen zijn in bijlage 4.1 grafisch weergegeven. In alle drie dwarsprofielen zijn op twee plaatsen controleboringen uitgevoerd ter bepaling van de dikte van de erosiebestendige kleilaag. Deze boringen zijn op 8 en 9 september uitgevoerd, voordat de toplaag werd aangebracht. Uit deze boringen is gebleken dat slechts op één locatie een laagdikte van iets minder dan 2 m werd aangetroffen, namelijk op een afstand van 21 m in profiel E. In de overige locaties was de erosiebestendige kleilaag tussen de 2,0 en 2,5 m dik.

Ook uit deze gegevens blijkt dat de laagdikten van de erosiebestendige klei nogal van plaats tot plaats kan verschillen. Enerzijds kan dit veroorzaakt zijn door de wijze waarop de profielen zijn gemeten (in het vervolg meerdere tussenpunten meten) en/of veranderingen daarna omdat over de aangebrachte laag i.v.m. aanvoer van nieuwe klei veelvuldig wordt gereden en hierdoor extra wordt verdicht. Met name in profiel E op een afstand van 21,00 m zou dit heel goed mogelijk kunnen zijn, daar hier een lagere verdichtingsgraad werd gemeten (97 tot 99 %) dan elders bij een relatief hoog vochtgehalte. Desondanks kan worden vastgesteld dat de minimale laagdikte van 2,00 m voor de erosiebestendige klei over het algemeen ruim wordt gehaald. De dikte van de toplaag ligt over het algemeen tussen de 40 en 50 cm. Alleen bovenin het talud van profiel E en in profiel F is de toplaag slechts tussen de 30 en 40 cm dik. Dit is echter niet bezwaarlijk omdat de toplaag niet hoeft bij te dragen in de sterkte.

4.3.2. Dichtheidsmetingen.

In tegenstelling tot hetgeen in het plan van aanpak was opgenomen, is voor het meten van de verdichting gebruik gemaakt van het TRIME-GM systeem. In bijlage 4.2 wordt hiervan een beschrijving gegeven en zijn de uitgevoerde metingen opgenomen. Omdat veelal meerdere metingen op één plaats en één diepte zijn gemeten, worden in de tabellen 4.1 en 4.2 de gemiddelde waarde per meetlocatie gegeven. Deze gemiddelde waarden zijn ook in de diverse profielen ingetekend, zie bijlage 4.3.

Van Alsteinpolder.

In tabel 4.1 is de gemiddelde verdichtingsgraad per plaats en diepte weergegeven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de vereiste verdichtingsgraad van 97% overal is gehaald. Ten aanzien van de eis m.b.t. het vochtgehalte moet worden opgemerkt dat deze op slechts 1 meetlocatie de 40% (m/m) is overschreden. De gemiddelde verdichtingsgraad ligt ruim boven de 100% en het gemiddeld vochtgehalte van de klei bedraagt 29% (m/m).

Profiel A				Profiel B				Profiel C			
afstand [m]	NAP-hoogte [m]	verdichtingsgr. [%]	W [%]	afstand [m]	NAP-hoogte [m]	verdichtingsgr. [%]	W [%]	afstand [m]	NAP-hoogte [m]	verdichtingsgr. [%]	W [%]
13,00	+5,95	109	26	16,00	+5,87	101	31	13,40	+6,34	105	30
15,70	+5,80	104	26	16,00	+5,67	99	33	13,40	+6,04	102	31
17,00	+5,85	102	30	18,30	+3,95	109	25	15,35	+4,32	105	29
17,00	+5,50	103	27	18,30	+3,85	112	24	20,60	+5,28	105	29
25,00	+4,58	102	32	21,00	+5,35	98	41	20,60	+5,08	102	31
25,00	+4,13	103	30	21,00	+5,10	101	34	20,60	+4,88	102	30
28,40	+3,68	104	29	23,75	+3,74	121	18	27,35	+2,76	100	28
29,00	+3,58	102	27	23,75	+3,54	118	18	27,35	+2,56	105	28
33,40	+2,80	101	27	23,75	+3,29	112	23	29,65	+3,05	102	31
				28,00	+3,12	101	30	29,65	+2,85	101	31
				28,00	+3,02	112	24				
				28,00	+4,18	99	32				
Gemiddelde A		103	28	Gemiddelde B		107	28	Gemiddelde C		103	30

Tabel 4.1. Verdichtingsgraad en vochtgehalte in de Van Alsteinpolder

Alhoewel voor de toplaag geen eisen aan de verdichting zijn gesteld, zijn eind september 1999 in alle drie de dwarsprofielen op 3 plaatsen in het talud meerdere steekringmonsters genomen ter bepaling van de droge dichtheid en het vochtgehalte. De monsters zijn op een diepte van ongeveer 15 tot 20 cm onder maaiveld gestoken. Uit deze metingen blijkt dat de droge dichtheid varieert tussen de 1100 en 1300 kg/m³. Het gemiddeld vochtgehalte boven in het talud is bijna 36% en onderin het talud circa 45%. Voor meer gedetailleerde gegevens wordt verwezen naar de laatste tabel van bijlage 4.2.

Koningin Emmapolder.

Voor de Koningin Emmapolder is de gemiddelde verdichtingsgraad per plaats en diepte in tabel 4.2 weergegeven. Ook hier is de vereiste verdichtingsgraad van ten minste 97% overal gehaald. Ten aanzien van het vochtgehalte kan worden opgemerkt dat deze gemiddeld ongeveer 5% (m/m) hoger ligt dan in de Van Alsteinpolder. Dit werd veroorzaakt omdat de klei uit de Aardenburgse havenpolder (kleiwinplaats) deels van een grotere diepte werd ontgraven dan voor de Van Alsteinpolder. Op één meetlocatie (profiel E op 21,00 m uit nul) werd zelfs een vochtgehalte van gemiddeld 44% (m/m) gemeten. Gemiddeld lag het vochtgehalte van de erosiebestendige klei op 34% (m/m).

Profiel D				Profiel E				Profiel F			
afstand [m]	NAP- hoogte [m]	verdich- tingsgr. [%]	W [%]	afstand [m]	NAP- hoogte [m]	verdich- tingsgr. [%]	W [%]	afstand [m]	NAP- hoogte [m]	verdich- tingsgr. [%]	W [%]
14,80	6,11	100	35	14,00	6,36	103	31	14,05	5,35	106	28
14,80	5,91	101	35	14,00	6,11	98	39	14,05	5,05	107	29
14,80	5,61	101	34	14,00	5,91	100	40	14,50	6,23	100	32
22,80	5,14	103	32	17,00	4,50	100	31	14,50	5,98	99	33
22,80	4,92	100	35	17,00	4,20	106	29	14,50	5,78	102	28
22,90	4,25	101	31	21,00	5,50	99	44	19,50	5,93	100	37
27,80	4,07	102	35	21,00	5,28	97	38	19,50	5,63	109	26
27,80	3,85	100	37	27,00	4,33	99	36	24,10	4,98	100	40
31,20	3,00	98	32	27,00	3,98	100	33	25,50	5,01	99	38
31,20	2,85	101	30	30,00	2,53	100	33	26,30	3,10	102	32
33,80	3,02	102	34	33,00	3,21	101	32	26,30	2,90	105	29
				33,00	2,96	99	33	27,90	4,37	103	34
								32,50	3,63	102	35
								32,50	3,38	105	39
								33,50	1,75	99	32
Gemiddelde D		101	34	Gemiddelde E		100	35	Gemiddelde F		103	33

Tabel 4.2. Verdichtingsgraad en vochtgehalte in de Koningin Emmapolder

Ook in het vak Koningin Emmapolder zijn, alhoewel voor de toplaag geen eisen aan de verdichting zijn gesteld, eind september 1999 steekringmonsters genomen ter bepaling van de droge dichtheid en het vochtgehalte. De monsters zijn op een diepte van ongeveer 10 tot 20 cm onder maaiveld gestoken. Uit deze metingen blijkt dat de droge dichtheid varieert tussen de 1100 tot bijna 1500 kg/m³. Het gemiddeld vochtgehalte boven in het talud is bijna 22% en onderin het talud bijna 32%. In vergelijking met de toplaag in de Van Alsteinpolder is de gemiddelde droge dichtheid hier duidelijk hoger en het vochtgehalte duidelijk lager, hetgeen voor een zanderige toplaag ook mag worden verwacht. Voor meer gedetailleerde gegevens wordt verwezen naar de laatste tabel van bijlage 4.2.

4.4 Weersgesteldheid tijdens aanleg.

Naast het actuele vochtgehalte van de klei is de weersgesteldheid en met name de neerslag tijdens het aanbrengen en verdichten van de klei van grote invloed op het te behalen uitvoeringsresultaat en de voortgang. Tijdens de aanlegperiode (juli, augustus en september) werd regelmatig het mooie weer genoemd als belangrijke factor waardoor de uitvoering voorspoedig verliep. Door het KNMI werd landelijk gezien de maand juli omschreven als 'Zeer warm, zeer zonnig en droog', de maand augustus als 'Nat en somber maar wel warm' en de maand september als 'Warmste september in bijna 300 jaar'. Deze beschrijvingen van het weer geeft echter onvoldoende inzicht in hoeverre deze afwijkt van het normale weerbeeld. Voor de maanden waarin de vakken zijn aangelegd zijn daarom meer gedetailleerde gegevens, zoals neerslag (hoeveelheid en duur) en verdamping van het KNMI geraadpleegd en vergeleken met het langjarig gemiddelde (normalen). Omdat de neerslagduur en de verdamping slechts op enkele stations worden bijgehouden, is

gekozen voor het station Vlissingen. Daarnaast is voor de hoeveelheid neerslag nog het station Westdorpe geraadpleegd. In tabel 4.3 zijn voor het verwerken van klei de meest relevante waarnemingen weergegeven.

Vlissingen (Westdorpe)	juli 1999		augustus 1999		september 1999	
	werkelijk	normaal	werkelijk	normaal	werkelijk	normaal
duur neerslag in uren	15,6	34,5	40,7	30,0	35,8	37,3
hoeveelheid neerslag in mm	28,2 (44,5)	66,4	99,3 (133,8)	66,7	64,5 (53,4)	61,6
hoeveelheid verdamping in mm	118,1	98,3	85,9	85,7	60,4	55,3

Tabel 4.3. KNMI-gegevens voor de stations Vlissingen en Westdorpe

Uit deze gegevens valt af te leiden dat het weer in de maand juli droger en de maand augustus natter is geweest dan normaal. De maand september komt ongeveer overeen met het langjarig gemiddelde. Zoals ook uit voorgaande tabel blijkt, kunnen met name in de zomer echter ook grote verschillen in hoeveelheden neerslag worden waargenomen zoals in augustus waarin te Vlissingen 99 mm is gevallen en te Westdorpe 134 mm. Over het algemeen mag worden gesteld dat de weersomstandigheden tijdens de aanleg van de vakken gunstig waren. Tijdens de uitvoering bestond echter ook de overtuiging dat indien de aanleg in de zomer van 1998 zou hebben plaatsgevonden, de aanleg van een kleidijk door het slechte weer waarschijnlijk mislukt zou zijn geweest. Daarom is in tabel 4.4 nog de weersomstandigheden over beide jaren t.o.v. het langjarig gemiddelde met elkaar vergeleken.

Vlissingen	normaal	juli, augustus en september 1998		juli, augustus en september 1999	
duur neerslag in uren	102 h	132 h	+29 %	92 h	- 10 %
hoeveelheid neerslag in mm	195 mm	233 mm	+19 %	192 mm	- 2 %
hoeveelheid verdamping in mm	239 mm	239 mm	+ 0 %	264 mm	+10 %

Tabel 4.4. Vergelijking weersomstandigheden 1998 en 1999 t.o.v. normaal

Deze vergelijking laat duidelijk zien dat zowel de regenduur als de hoeveelheid neerslag in 1998 ruim boven het langjarig gemiddelde lag. Dit gegeven en de algemene overtuiging dat de aanleg toen mislukt zou zijn geweest, geeft mogelijk enig inzicht in marges waaronder een dergelijke constructie nog wel aangelegd zou kunnen worden. Een belangrijke sturingsparameter daarvoor lijkt de duur van de neerslag.

5. Monitoring.

Omdat ervaring m.b.t. het beheer en onderhoud van kleidijken over een langere periode ontbreekt, zijn beide vakken gedurende enkele jaren gemonitord. Hierbij is gekeken naar de erosie t.g.v. golfaanval d.m.v. profielmetingen en visuele inspecties, de ontwikkeling van de grasmat en de flora. Voordat de vakken werden aangelegd, zijn namelijk een aantal verwachtingen uitgesproken over het voorkomen van bepaalde waterstanden en de mate van erosie ten gevolge hiervan (zie hoofdstuk 2.6 en 2.7). Door monitoring kunnen deze verwachtingen worden getoetst aan de werkelijkheid, waarna meer inzicht in de onderhoudskosten wordt verkregen. Gezien de ligging van de dijkvakken (achter hoog voorland) wordt verwacht dat de erosieschade onder normale omstandigheden gering zal zijn. Om toch een enigszins betrouwbaar beeld van de onderhoudskosten te krijgen, is gesteld dat de monitoringsperiode door moet lopen tot circa 2010, of zoveel eerder als in de voorafgaande periode tenminste 5 maal een hogere waterstand dan NAP+4,00 m t.p.v. de dijkvakken is opgetreden. Echter al na het stormseizoen van 2002 zal er op basis van de tot dan beschikbare gegevens een beslissing worden genomen of deze constructie voor de gehele dijk langs 'Het verdrinken land van Saeftinghe' zou kunnen worden toegepast. Deze afweging heeft dan met name betrekking op het feit of de constructie onder normale omstandigheden aan de verwachtingen voldoet.

In de navolgende hoofdstukken zijn de bevindingen en relevante informatie welke door het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, de Meetinformatiedienst van de Directie Zeeland, het Projectbureau Zeeweringen en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde in de loop van de tijd zijn verzameld samengevoegd.

5.1 Opzet monitoring.

Het monitoringsplan⁹ is in overleg tussen het Projectbureau Zeeweringen, het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde op 11 januari 2000 vastgesteld, waarbij de volgende afspraken zijn gemaakt:

- Aangespoeld vee op beide vakken wordt niet geruimd
- Er wordt geen vee op beide vakken toegelaten
- De vakken worden niet bemest en het maaisel wordt afgevoerd
- Er worden geen bestrijdingsmiddelen gebruikt

Tevens is er een verdeling gemaakt over de invulling van de te monitoren aspecten welke van invloed kunnen zijn op het erosieproces en de ontwikkeling van de grasmat. Deze zijn kort samengevat:

- In of direct na de winter wordt door het waterschap het vegetatieonderzoek (bedekkingsgraad en doorworteling) uitgevoerd.
- Na het stormseizoen worden dwarsprofielen gemeten, foto's genomen en eventuele schade beschreven. Ook deze werkzaamheden worden door het waterschap en/of de DWW uitgevoerd.
- Voordat het talud wordt gemaaid, maakt RIKZ of de directie Zeeland een flora-inventarisatie over beide vakken.
- Alle bevindingen worden door de DWW samengevoegd en aangevuld met overige relevante informatie zoals waterstanden etc.

⁹ Besprekingsverslag van de te monitoren aspecten op 11-01-2000.

Naast de te monitoren aspecten welke vooraf kunnen worden ingepland, ligt het ook in de bedoeling om bij hoge waterstanden waarnemingen te verrichten. Dit betreft een waterstand welke volgens de verwachting hoger wordt dan NAP+3,30 m te Vlissingen of NAP+4,15 m te Bath. Met name tijdens springtij en een windsnelheid van meer dan 10 m/s (kracht 6) uit noord-westelijke richting kan zo'n waterstand optreden. Bij een dergelijke stand met een kans op voorkomen van 1 maal per jaar, ligt het in de bedoeling om ter plaatse van beide vakken o.a. de waterstand en de golfhoogten vast te stellen. Voor het opnemen van de waterstand en het globaal bepalen van golfhoogten in de directe nabijheid van de dijkvakken zijn door het waterschap peilschalen geplaatst.

5.2 Uitvoering monitoring.

Nadat de beide dijkvakken waren aangelegd, zijn dezelfde dwarsprofielen welke tijdens de aanleg regelmatig zijn ingemeten (A t/m F) op 12 en 13 oktober 1999 door het Staring Centrum en de DWW nogmaals ingemeten als zijnde de nulmeting voor de monitoring. Extra dwarsprofielen zijn gelijktijdig gemeten t.p.v. de dijkpalen welke min of meer tussen de eerder gemeten dwarsprofielen in liggen (zie ook figuren 4.2 en 4.3). Opgemerkt moet worden dat de dwarsprofielen welke als nulmeting moeten dienen, nog voordat het talud was ingezaaid zijn ingemeten. Het inzaaien van het talud heeft kort na de nulmeting plaats gevonden, waarbij het talud is geëgaliseerd. Hierdoor kunnen kleine verschillen ten opzichte van latere metingen zijn ontstaan. Na verwerking van de nulmetingen zijn de gegevens overgedragen aan het waterschap, die de vervolgmetingen heeft uitgevoerd.

Periode vanaf oktober 1999 t/m juli 2000

Tijdens het eerste winterseizoen 1999/2000 zijn beide dijkvakken zowel door de DWW als het waterschap herhaaldelijk bezocht en gefotografeerd. Zo heeft de DWW op 11 januari 2000 beide vakken aan een nauwkeurige inspectie onderworpen en fotografisch vastgelegd. Een tweede inspectie heeft de DWW op 7 februari uitgevoerd nadat op 22 januari bij het meetstation Bath een waterstand was gemeten van NAP+4,13 m. Op 4 april heeft het waterschap het vegetatieonderzoek uitgevoerd en de eerste controle waterpassing van de dwarsprofielen heeft op 17 april plaats gevonden. Op 19 april heeft het waterschap de vakken nogmaals gefotografeerd. De inventarisatie van de flora is op 25 en 26 mei door de Directie Zeeland uitgevoerd. Op 25 mei heeft de DWW de vakken voor het laatst in dat seizoen bezocht en gefotografeerd. Nadien zijn de vakken gemaaid en het maaisel afgevoerd.

Periode vanaf augustus 2000 t/m juli 2001.

Het vegetatieonderzoek is door het Waterschap Zeeuws Vlaanderen op 13 februari uitgevoerd. Vervolgens heeft het waterschap de beide vakken op 4 april fotografisch vastgelegd en zijn de dwarsprofielen op 10 mei voor de tweede maal ingemeten. Net als in het vorige seizoen zijn de vakken in juli gemaaid, waarbij is opgevallen dat de hoeveelheid hooi ongeveer de helft was van de hoeveelheid in het voorgaande jaar. Op 30 mei heeft de DWW de beide vakken eveneens geïnspecteerd en de bijzondere kenmerken fotografisch vastgelegd.

Periode vanaf augustus 2001 t/m juli 2002.

Het vegetatieonderzoek door het waterschap is een maand later dan het voorgaande jaar uitgevoerd, namelijk op 13 maart. De derde controle waterpassing van de

dwarsprofielen is in de Van Alsteinpolder op 28 maart uitgevoerd en in de Koningin Emmapolder op 2 april. Op 15 mei heeft de DWW beide vakken gefotografeerd en aan een nauwkeurige inspectie onderworpen. Op 17 en 24 juni heeft de directie Zeeland de flora geïnventariseerd en op 25 juni zijn beide vakken gemaaid, waarna op 9 juli het maaisel is afgevoerd. In september 2002 zijn beide vakken voor een tweede maal gemaaid.

Periode vanaf augustus 2002.

Na deze vrij gedetailleerde inspecties werd gezien de uitstekende staat waarin beide dijkvakken verkeren besloten om de monitoring te minimaliseren. Omdat bij verwerking van de gegevens bleek dat in 2002 een sterke achteruitgang van de doorworteling was opgetreden, is in maart 2004 het wortelonderzoek door het waterschap nogmaals uitgevoerd. Op 17 maart 2004 heeft de DWW nadat in februari een vrij hoge waterstand is opgetreden nog een laatste inspectie uitgevoerd.

5.3 Vegetatieonderzoek.

Ondanks dat grasmatten jonger dan 4 jaar volgens de LTV / VTV automatisch de score 'geen oordeel' krijgen, is voor dit onderzoek juist de ontwikkeling van de grasmat vanaf het begin interessant. Dit om bij eventuele erosieschade te kunnen bepalen in welke mate de grasmat en de doorworteling hierop van invloed kan zijn geweest. Belangrijk hierbij is dat het onderzoek steeds op dezelfde wijze wordt uitgevoerd en gepresenteerd. Het vegetatieonderzoek (o.a. bedekkinggraad en doorworteling) is door het waterschap uitgevoerd aan de hand van standaard formulieren. Nadat de eerste twee opnames (in 2000 en in 2001) waren uitgevoerd, bleek dat de wijze voor het vaststellen van de score in 2000 enigszins afweek van de latere bepalingsmethode en de LTV. De score indeling van april 2000 is in deze rapportage daarom aangepast, zie bijlage 5.1. In de desbetreffende bijlage zijn ook de gedetailleerde gegevens van de monitoring opgenomen.



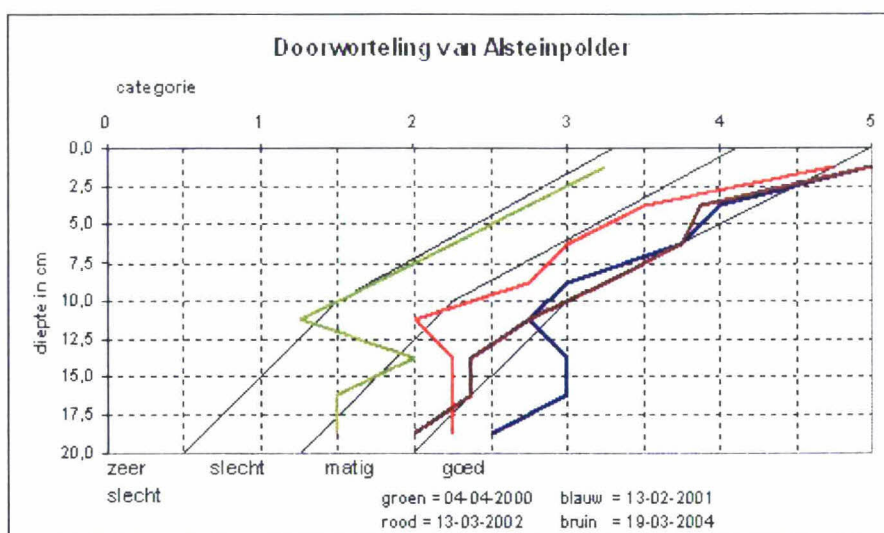
Foto: 5.1. Wortelonderzoek (DWW-1075-01)

Nadat de resultaten van de doorworteling over de eerste drie jaar (2000 t/m 2002) waren verwerkt, bleek dat de worteldichtheid in 2002 plotseling sterk achteruit was gegaan t.o.v. het jaar daarvoor. Omdat de monitoring in 2002 in maart was uitgevoerd en die van 2001 in februari, is dit i.v.m. het tijdstip (later in het groeiseizoen) niet volgens de verwachtingen. Daar ook het waterschap geen aanwijsbare reden voor de teruggang kon aangegeven, is op verzoek van de DWW op 19 maart 2004 een nieuw wortelonderzoek uitgevoerd. Deze is in tweevoud uitgevoerd waaruit vervolgens de

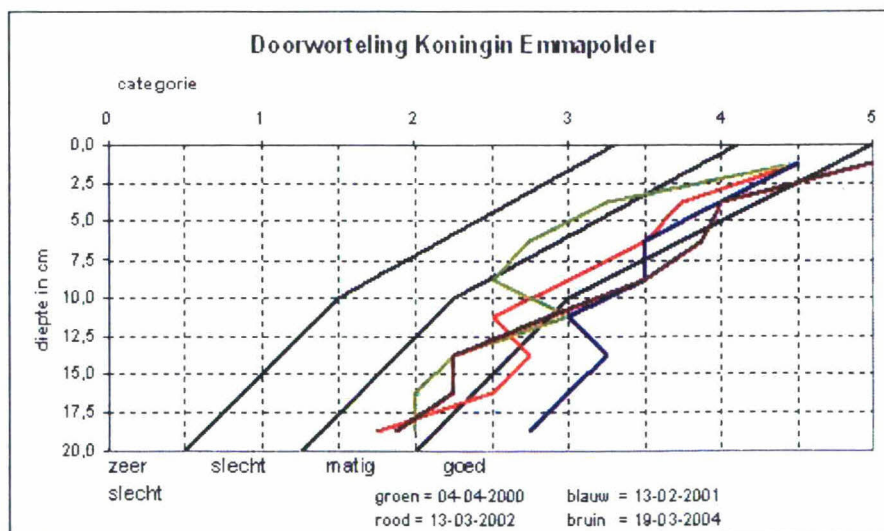
gemiddelde doorworteling is bepaald, zie tabel 5.1. In de figuren 5.1 en 5.2 is de doorworteling voor beide dijkvakken in de tijd grafisch weergegeven.

Gemiddelde 4 steken	van Alsteinpolder			Emmapolder		
	1° serie	2° serie	Gemid.	1° serie	2° serie	Gemid.
diepte 0 - 2,5 cm	5	5	5,00	5	5	5,00
diepte 2,5 - 5 cm	4	3,75	3,88	4	4	4,00
diepte 5 - 7,5 cm	4	3,5	3,75	3,75	4	3,88
diepte 7,5 - 10 cm	3,25	3,25	3,25	3,25	3,75	3,50
diepte 10 - 12,5 cm	3	2,5	2,75	2,5	3,25	2,88
diepte 12,5 - 15 cm	2,25	2,5	2,38	2,25	2,25	2,25
diepte 15 - 17,5 cm	2,75	2	2,38	2,5	2	2,25
diepte 17,5 - 20 cm	2	2	2,00	1,75	2	1,88

Tabel 5.1. Doorworteling op 10 maart 2004.

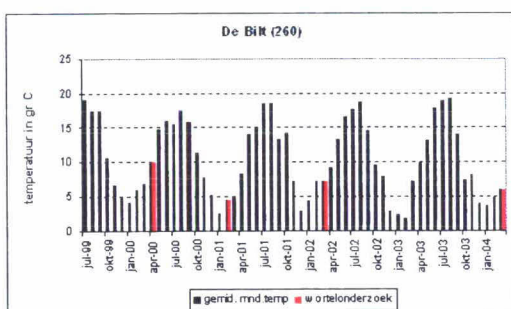


Figuur 5.1. Doorworteling van Alsteinpolder.

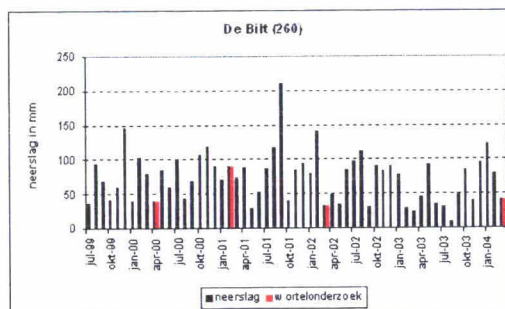


Figuur 5.2. Doorworteling Koningin Emmapolder.

Aan de hand van deze gegevens blijkt dat zowel de bedekking als de doorworteling in het dijkvak Van Alsteinpolder in het eerste jaar (2000) achterblijft t.o.v. van het dijkvak in de Koningin Emmapolder. Een mogelijke verklaring kan zijn dat de oorspronkelijke vegetatielaag welke na aanleg van de erosiebestendige kleilaag weer als toplaag werd teruggezet, in de Koningin Emmapolder een hoger zandgehalte heeft dan in de Van Alsteinpolder. In het tweede jaar (februari 2001) is de bedekking en de doorworteling in het dijkvak van de van Alsteinpolder belangrijk toegenomen en komt min of meer overeen met hetgeen in het dijkvak Koningin Emmapolder werd aangetroffen. In het derde jaar (maart 2002) vindt echter een vrij sterke achteruitgang van de doorworteling in beide vakken plaats. Daarom is in maart 2004 het wortelonderzoek nog eens herhaald, waaruit valt op te maken dat de doorworteling zich enigszins heeft hersteld. Omdat een mogelijke oorzaak van de sterke achteruitgang van de doorworteling in 2002 kan worden toegeschreven aan de weersomstandigheden in de voorafgaande periode, zijn de maandelijkse KNMI gegevens geraadpleegd. In figuur 5.3 is de gemiddelde maandtemperatuur te De Bilt weergegeven en in figuur 5.4 de maandsom van de neerslag.



Figuur 5.3. Gemiddelde temperatuur.



Figuur 5.4. Maandsom neerslag.

Uit deze gegevens kan worden afgeleid dat de gemiddelde temperatuur in de voorafgaande periode van maart 2002 duidelijk hoger was dan in februari 2001. Hieruit mag worden afgeleid dat de temperatuur en dus het tijdstip in het groeiseizoen niet de belangrijkste oorzaak van de achteruitgang kan zijn geweest. De maandelijkse hoeveelheid neerslag daarentegen was in de maand waarin het wortelonderzoek in 2002 is uitgevoerd echter duidelijk minder, maar wel min of meer vergelijkbaar als in 2004. In de maand ervoor (februari 2002) is het daarentegen bijzonder nat geweest. Alhoewel de weersomstandigheden voorafgaand aan het wortelonderzoek van invloed zijn op de mate van doorworteling, kan niet worden uitgesloten dat ook andere invloeden een belangrijke rol spelen. Welke deze zijn is niet duidelijk en vraagt om meer onderzoek. Duidelijk is wel dat deze methode van beoordelen, slechts een moment opname is van de toestand van de grasmat.

5.4 Dwarsprofielmetingen.

In oktober 1999 zijn direct na de aanleg over het buitentalud van elk dijkvak 6 à 7 dwarsprofielen gemeten. Voor deze profielen zijn de dijkpalen als nulpunt aangehouden en voor de tussenliggende profielen een ingeslagen ijzeren buis in de buitenkruinlijn. De kop van de ijzeren buizen ligt circa 5 cm beneden maaiveld en is afgedekt met een betonnen tegel. De richting van de profielen is aangegeven middels een rood gemarkeerde paalkop van het hekwerk op de buitenberm. In tabel 5.2 zijn de hoogte van de ingeslagen ijzeren buizen t.o.v. NAP opgenomen.

Bk buis	A1	B1	C1	D1	E1	F1
t.o.v. NAP	+9,05 m	+9,07 m	+9,05 m	+9,23 m	+9,12 m	+9,52 m

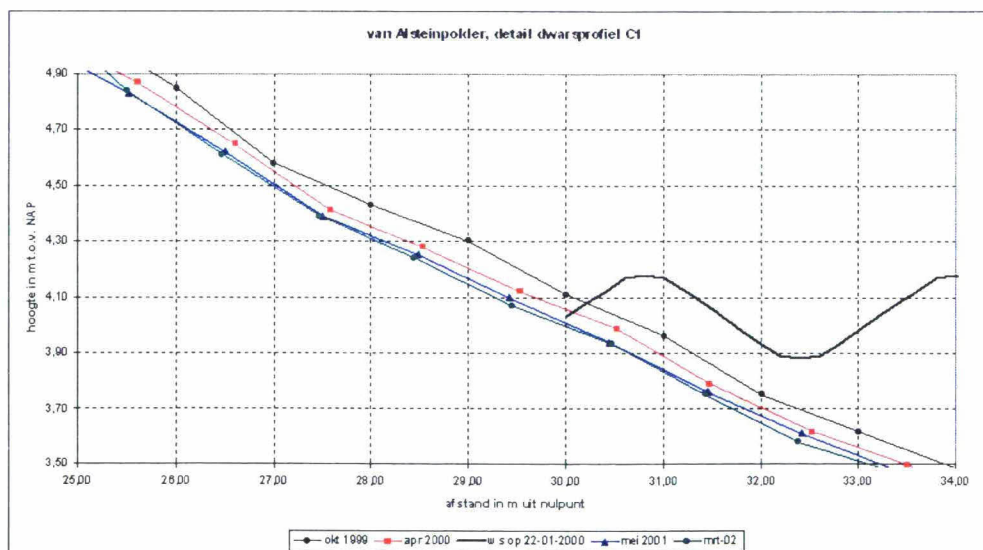
Tabel 5.2. Hoogten bovenkant ijzeren buizen.

De resultaten van zowel de nulmeting als de latere waterpassingen zijn door het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen in een viertal tekeningen weergegeven (2 situaties en 2 profieltekeningen) onder nummer 01WK0582. Omdat het formaat van de tekeningen (2x3A en 2x6A) te groot is voor opname in deze rapportage, zijn in bijlage 5.2 alleen verkleiningen van het buitentalud weergegeven.

De 1^e controlewater passing is op 17 april 2000 uitgevoerd, nadat op 22 januari een vrij hoge waterstand (>NAP+4,0m) is opgetreden. De verschillen tussen de nulmetingen en de 1^e controle waterpassingen kunnen nog zijn veroorzaakt omdat de nulmetingen nog voor het inzaaien hebben plaatsgevonden. Tijdens het inzaaien is het talud ook omgewerkt en geëgaliseerd. De 2^e controle waterpassing heeft op 10 mei 2001 plaatsgevonden en de 3^e en tevens de laatste controle waterpassing is in de van Alsteinpolder op 28 maart 2002 uitgevoerd en in de Koningin Emmapolder op 2 april 2002.

Van Alsteinpolder.

In de van Alsteinpolder ligt de 1^e controle waterpassing met name in het onderste deel van het talud 5 tot 10 centimeter lager dan de nulmeting. Bij de 2^e controle waterpassing zijn de verschillen in het merendeel van de profielen t.o.v. de 1^e controle waterpassing slechts enkel centimeters en de 3^e controle waterpassing komt nagenoeg overeen met de 2^e controle waterpassing. In figuur 5.5 is aan de hand van de metingen het onderste deel van het talud weergegeven t.p.v. dwarsprofiel C1.

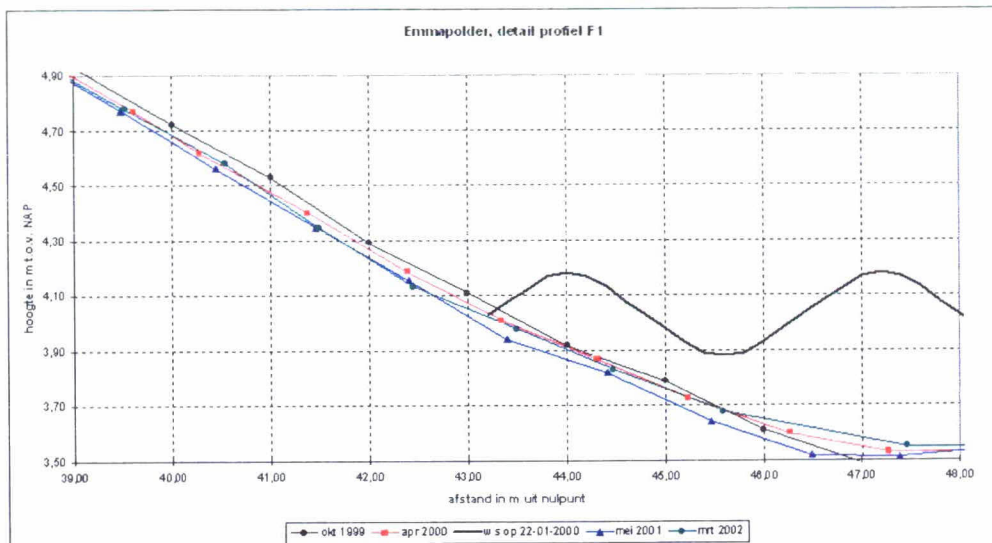


Figuur 5.5. Detail hoogtemetingen dwarsprofiel C1.

Gezien het min of meer gelijkmatige verloop van het hoogteverschil in het onderste deel van het talud, kan dit niet worden toegeschreven aan erosie, maar eerder aan klink of krimp van de toplaag en/of de erosiebestendige kleilaag. Een mogelijke oorzaak hiervan kan zijn, dat tijdens de aanleg het onderste deel van het talud na het aanbrengen van de eerste erosiebestendige klei op 14 juli 1999 een etmaal onder water heeft gestaan, waardoor de klei is gaan zwellen en later weer is gaan krimpen.

Koningin Emmapolder.

De verschillen in de Koningin Emmapolder tussen de nulmetingen en de controle waterpassingen zijn aanzienlijk kleiner dan in de Van Alsteinpolder, zie figuur 5.6. Laag aan de teen worden de grootste verschillen zeer waarschijnlijk veroorzaakt door het aan- en/of wegspoelen van veek. Zo ligt het talud aan de teen in mei 2001 circa 5 cm lager ten opzichte van april 2000, maar in maart 2002 weer min of meer gelijk met de meting van april. Hierdoor kan hier aan de hand van de gemeten dwarsprofielen niet met zekerheid worden vastgesteld of enige erosie t.g.v. golfaanval is opgetreden.



Figuur 5.6. Detail hoogtemetingen dwarsprofiel F1.

5.5 Visuele inspecties.

Na aanleg zijn de vakken zowel door het Waterschap als de DWW diverse malen geïnspecteerd. Bepaalde aspecten zoals konijnenholen, schade, begroeiing etc. worden zoveel mogelijk in de tijd gevolgd en gefotografeerd. Een aantal van deze foto's zijn in deze rapportage opgenomen, waarbij ook de oorspronkelijke codering wordt vermeld.

Van Alsteinpolder.

Overzicht dijkvak en vegetatie.

Op verschillende tijdstippen zijn vanaf de kruin foto's gemaakt welke een totaal indruk geven van hoe het dijkvak er op een bepaald moment bij lag. In april 2000 lag het pas ingezaaide talud er nog erg kaal bij (foto 5.2) en is het zaaibed nog duidelijk waarneembaar. In juli 2000 reikt het gras echter al bijna tot kniehoogte (foto 5.3). In het eerste jaar na aanleg is er voor wat betreft de soort begroeiing een duidelijk verschil te zien tussen het onderste en bovenste deel van het talud. In latere jaren valt dit verschil niet meer zo op, hetgeen ook kan komen door het tijdstip (vroeg in het voorjaar) van de inspecties. Bij de laatste inspectie op 17 maart 2004 bleek het hekwerk rond het dijkvak te zijn verwijderd.



Foto 5.2. Datum: 19 april 2000 (ZV-183s-1)

Alsteinpolder, 25-07-2000, 1083-32



Foto 5.3. Datum: 25 juli 2000 (DWW-1083-32)

Erosie t.g.v. golfaanval.

Bij een inspectie op 7 februari 2000 door de DWW werd ondanks de vrij hoge waterstand op 22 januari (>NAP+4,0 m), geen erosie ten gevolge van golven geconstateerd. Wel lag de veekrand tot zo'n 7 meter het talud op, gemeten vanuit de teen (foto 5.4). Dit komt ongeveer overeen met een hoogte van circa NAP+4,15 m. Ook in mei 2001 is geen erosieschade geconstateerd, hetgeen ook niet werd verwacht omdat de hoogste waterstanden tijdens het stormseizoen ver beneden de NAP+4,0 m zijn gebleven. Wel is toen geconstateerd dat de vegetatie aan de teen duidelijk achterblijft dan bijvoorbeeld ter plaatse van het meetvak waarin het wortelonderzoek is uitgevoerd. In de jaren daarna is tot begin 2004 eveneens geen waterstand opgetreden boven NAP+4,0 m. Nadien is op 8 februari 2004 echter een waterstand van circa NAP+4,35 m opgetreden. Tijdens een extra inspectie op 17 maart 2004 bleek de veekrand mogelijk zelfs iets hoger te liggen als in februari 2000 (foto 5.5). Op de foto is iets beneden de veekrand nog een geultje te zien welke mogelijk tengevolge van de hoge waterstand kan zijn ontstaan. Buiten deze plaatselijke uitholling van slechts enkele centimeters diep is verder geen erosieschade geconstateerd. Omdat een dergelijke geringe schade niet in de dwarsprofielen tot uiting komt, zijn er geen nieuwe dwarsprofielmetingen uitgevoerd.

Alsteinpolder, 07-02-2000



Foto 5.4. Datum 7 februari 2000 (DWW-1060-22)



Foto 5.5. Datum 17 maart 2004 (DSC-01077)

Erosie t.g.v. neerslag.

Op 11 januari 2000 is t.h.v. dijkpaal 156 een erosiegeul ten gevolge van neerslag aangetroffen. Deze geul loopt van boven tot onder in het talud. Op 4 april 2000 had deze erosiegeul nog min of meer dezelfde vorm en afmetingen. Op 30 mei 2001 was de erosiegeul door begroeiing minder zichtbaar, maar was qua vorm en afmetingen niet veel veranderd (foto's 5.6 t/m 5.8). Alleen omdat bekend was waar de erosiegeul liep, is deze in 2004 nog wel teruggevonden maar door weersinvloeden inmiddels min of meer geëgaliseerd.



Foto 5.6. DWW-1060-03.

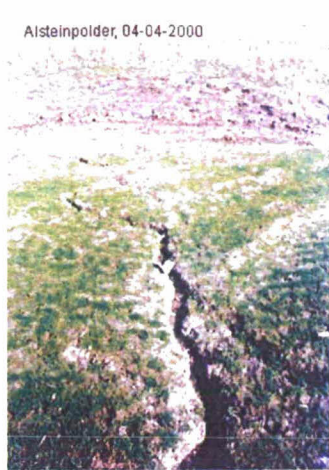


Foto 5.7. DWW-1075/05.



Foto 5.8. DWW-1098-21.

Activiteiten van dieren.

Op 30 mei 2001 werd tussen dijkpaal 157 en profiel B1 laag in het buitentalud een holletje aangetroffen met een diameter van circa 10 cm. Bij latere inspecties is deze echter niet meer teruggevonden. In 2004 zijn slechts 2 tot 3 molshopen aangetroffen.

Activiteiten van mensen.

Op 11 januari 2000 werd ter hoogte van dijkpaal 156 een trekkerspoor op het talud aangetroffen. Vermoedelijk is dit later hersteld, omdat bij volgende inspecties hier nauwelijks iets van was terug te vinden. Tijdens het plaatsen van de peilschaal aan de teen, werd de nog jonge begroeiing enigszins verstoord. Ook hiervan was een jaar later weinig meer te zien.

Koningin Emmapolder.

Overzicht dijkvak en vegetatie.

Ook van dit dijkvak zijn op verschillende tijdstippen overzichtsfoto's gemaakt. In april 2000 bleek dat over de gehele lengte vrij veel veek was aangespoeld (foto 5.9) In juli 2000 was het veek grotendeels begroeid (foto 5.10) waarbij een duidelijk verschil te zien is tussen de soort begroeiing op het aangespoelde veek en het ingezaaide talud (foto 5.11). Opmerkelijk is toch wel dat de begroeiing in juli 2000 minder dicht en hoog is dan in het dijkvak van Alsteinpolder.

Emmapolder, 04-04-2000



Foto 5.9. Datum 4 april 2000 (DWW-1075-08)

Emmapolder, 25-07-2000, 1086-00



Foto 5.10. Datum 25 juli 2000 (DWW-1086-00)

In mei 2001 daarentegen ligt de grasmatt visueel gezien en met name laag in het buitentalud er meer gesloten bij dan in de van Alsteinpolder. In de periode tot aan de hoge waterstand in februari 2004 kan de vegetatie zich op het aangespoelde veek ongestoord ontwikkelen. Na dit hoog water is echter zoveel nieuw materiaal aangespoeld, dat de begroeiing geheel is verdwenen (foto 5.12).

Emmapolder, 25-07-2000, 1086-02



Foto 5.11. Datum 25 juli 2000 (DWW-1086-02)



Foto 5.12. Datum 17 maart 2004 (DSC-01079)

Erosie t.g.v. golfaanval.

Zowel na de hoge waterstand in januari 2000 (foto 5.13) als in februari 2004 (foto 5.14) is geen zichtbare erosie t.g.v. golfaanval geconstateerd. Weliswaar wordt het door golven belaste deel van het talud door een dik veekpakket bedekt, maar ook nadat deze plaatselijk was verwijderd kon geen noemenswaardige erosie worden geconstateerd.

Emmapolder, 07-02-2000



Foto 5.13. Datum 7 februari 2000 (DWW 1060/26)



Foto 5.14. Datum 17 maart 2004 (DSC-01083)

Erosie t.g.v. neerslag.

In tegenstelling tot erosie t.g.v. golfaanval werd op 11 januari 2000 nabij profiel F1 vrij veel erosiegeulen (diep 5 tot 10 cm) ten gevolge van neerslag aangetroffen (foto 5.15). Verder lag t.h.v. dijkspaal 108 vrij veel zand aan de teen, welke door de neerslag uit de toplaag is uitgespoeld (foto 5.16). Bij latere inspecties werd echter vrij weinig van dergelijke geulen teruggevonden. Waarschijnlijk worden deze door weersinvloeden en regelmatig maaien geëgaliseerd.



Foto 5.15. Datum 11 januari 2000 (DWW-1060-12)



Foto 5.16. Datum 11 januari 2000 (DWW-1060-13)

Activiteiten van dieren.

Op 4 april 2000 werd 9 m voor dijkpaal 106 een konijnengang halverwege het buitentalud aangetroffen. Deze gang welke min of meer evenwijdig aan het talud naar boven liep, was circa 75 cm diep (foto 5.17). Ook t.h.v. profiel D1 en nabij een vrij grote steen ongeveer halverwege het buitentalud werd een begin van graverij (konijnen) aangetroffen (foto 5.18). Bij de inspecties in juli 2000 en later is echter gebleken dat er geen verdere activiteiten van konijnen in het vak zelf hebben plaatsgevonden. Zo kon bij de inspectie van 2002 de gang zelfs niet worden teruggevonden. Waarschijnlijk heeft de harde erosiebestendige kleilaag verder graven voorkomen. Net buiten het dijkvak daarentegen werd in mei 2001 wel twee konijnengangen aangetroffen. De ene lag halverwege het buitentalud voorbij dp 108 en de andere lag in het talud boven de hoogwaterberm t.h.v. dp 107. In 2002 lijkt de graafactiviteit nog verder te zijn toegenomen (foto 5.19). Tussen dijkpaal 106 en 107 zijn in juli 2001 in het talud nog enkele molshopen aangetroffen. Ook in 2002 en 2004 zijn vrij veel molshopen geconstateerd.

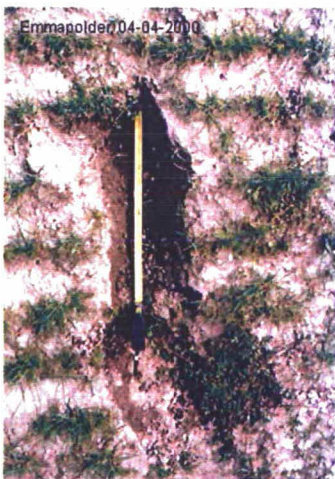


Foto 5.17. DWW-1075-06



Foto 5.18. DWW-1075-10



Foto 5.19. Mei 2002 (1113-22)

Activiteiten van mensen.

Op 7 februari 2000 is geconstateerd dat ten gevolge van het plaatsen van een peilschaal aan de teen, het buitentalud nabij profiel E1 beschadigd was. In april 2000 waren deze sporen nog duidelijk te zien, terwijl in het jaar daarop ze nauwelijks waren opgevallen. In 2002 werd enige schade hoog op het binnentalud geconstateerd, welke schuin naar beneden liep tot in dwarsprofiel E1. Achteraf bleek dat deze schade is ontstaan tijdens het beproeven van de grasplaten op de onderhoudsberm.

5.6 Waterstanden.

In bijlage 5.3 zijn per periode (inclusief de stormseizoenen) de opgetreden waterstanden gelijk aan en boven de NAP+3,50 m t.p.v. de dijkvakken vermeld. Deze waterstand is afgeleid van de waterstand waargenomen op het meetstation Bath, door deze met 0,10 m te verminderen. Gebleken is namelijk dat de waterstand ter plaatse van de dijkvakken ongeveer overeenkomt met de waterstand te Baalhoek welke circa 0,10 m lager is dan bij Bath. Het meetstation Baalhoek ligt namelijk meer in de nabijheid van beide dijkvakken, maar omdat deze regelmatig buiten bedrijf is wordt het meetstation Bath aangehouden. Het tijdstip waarop de hoogste waterstand wordt waargenomen is nagenoeg gelijk of circa 10 minuten eerder op Baalhoek dan in Bath. De waterstanden zijn afkomstig uit het DONAR-bestand.

Ter controle of de opgetreden waterstanden overeenkomen met de verwachtingen (zie hoofdstuk 2.6) zijn in tabel 5.3 het aantal opgetreden waterstanden gelijk aan of boven de NAP+3,50 m weergegeven.

Waterstand t.o.v. NAP	Kans op voorkomen	Aantal maal opgetreden in desbetreffende periode t.p.v. dijkvakken							
		01-09-'99 01-05-'00	01-05-'00 01-05-'01	01-05-'01 01-05-'02	01-05-'02 01-05-'03	01-05-'03 01-05-'04	01-05-'04 01-05-'05	01-05-'05 01-04-'06	
3,50 – 4,00	10 / 1	16	16	25	13	13	15	11	
4,00	1 / 1	1 (+4,03)	0	0	0	0		0	
4,10	1 / 2		0	0	0	0	2 (+4,10 en +4,16)	0	
4,25	1 / 5	0	0	0	0	1 (+4,35)		0	
4,45	1 / 10	0	0	0	0			0	
4,70	1 / 20	0	0	0	0	0		0	
4,90	1 / 50	0	0	0	0	0		0	

Tabel 5.3. Aantal maal dat een bepaalde waterstand is opgetreden.

Waterstanden tot NAP+3,50 m komen nagenoeg dagelijks voor, maar zullen veelal niet het talud van de dijkvakken bereiken vanwege het hoge en brede voorland. Waterstanden tussen NAP+3,50 en +4,00 m zouden volgens verwachting zo'n 10 keer per jaar voorkomen. In werkelijkheid is deze waterstand vaker voorgekomen, namelijk gemiddeld 15 keer per jaar. Waterstanden van NAP+4,00 m tot NAP+4,10 m zouden volgens verwachting 1 keer per jaar tot 1 keer per 2 jaar voorkomen. Deze waterstanden zijn in werkelijkheid echter minder vaak opgetreden. In de beschouwde periode van 7 jaar (stormseizoenen) is eenmaal een waterstand opgetreden van NAP+4,35 m, welke min of meer overeenkomt met de kans op voorkomen. Binnen de periode vanaf aanleg in 1999 tot het voorjaar van 2004 is slechts 2 keer een waterstand opgetreden van meer dan NAP+4,0 m, namelijk:

- op 22 januari 2000 met een stand van NAP+4,03 m
- op 8 februari 2004 met een stand van NAP+4,35 m

Nadien is tijdens het stormseizoen van 2004/2005 nog tweemaal achter elkaar een waterstand van meer dan NAP+4,0 m opgetreden, namelijk op 12 en 13 februari 2005 met een stand van respectievelijk NAP+4,09 m en NAP+4,15 m. Tijdens het stormseizoen van 2005/2006 zijn ter plaatse van de dijkvakken geen waterstanden meer boven de NAP+4,0 m voorgekomen.

Volgens het 'Plan voor aanleg...' (zie hoofdstuk 2.6) zou de combinatie waterstand en windsnelheid zoals op 22 januari 2000 is opgetreden kunnen hebben resulteren in een golfhoogte van circa 30 cm en de stand van 8 februari 2004 tot een golfhoogte van circa 45 cm. De werkelijke golfhoogte ter plaatse van beide dijkvakken is onbekend, omdat deze niet zijn waargenomen. In ieder geval zal de golfhoogte bij het dijkvak Koningin Emmapolder, door de hogere ligging van het schor en het aangespoelde veek aanzienlijk lager zijn geweest.

5.7 Flora-inventarisaties.

De beide dijkvakken zijn in oktober 1999 ingezaaid met een natuurdijkmengsel, bestaande uit; Engels raaigras (25%), Veldbeemdgras (20%), Rood zwenkgras (50%) en Struisgras (5%). Na het inzaaien met circa 125 kg/ha is het talud geëgd. Vlak voor het vervangen van de harde bekleding door een kleidek is de flora door RIKZ geïnventarieerd en zijn er verwachtingen uitgesproken van de toekomstige ontwikkelingen, zie hoofdstuk 2.7. Nadien zijn de flora inventarisaties door de Directie Zeeland uitgevoerd. De door RIKZ en de Directie Zeeland gehanteerde codering voor de mate van voorkomen van bepaalde soorten is voor een leek erg onoverzichtelijk. Deze codering is daarom omgezet naar een getal van 1 tot 9 (zie bijlage 5.4).

Vervolgens wordt hier alleen die soorten vermeld welke op een bepaald moment regelmatig voorkomen (≥ 5). Dit is eveneens gedaan om de tabel 5.4 overzichtelijk te houden. Ook wordt hier de ontwikkeling op het schor c.q. voorland buiten beschouwing gelaten. In eerste instantie gaat het hier om de ontwikkeling van de flora op het vergraven dijktaalud. Ook de flora aan de teen is minder relevant, daar deze tijdens een waterstand van meer dan NAP+3,50 m geheel wordt overspoeld en grotendeels bedekt met een nieuwe veeklaag. Voor een volledig overzicht wordt verwezen naar de samenvattingen op bijlage 5.4 en de desbetreffende rapportages van de Directie Zeeland. In de Van Alsteinpolder is voor de inventarisaties de volgende zone-indeling aangehouden; bovenste deel van het ingezaaide talud, het onderste deel van het ingezaaide talud, de vergraven teen of onderberm en het voorland of schor. In de Koningin Emmapolder is in de eerste 2 monitoringsjaren (2000 en 2001) het ingezaaide talud als een geheel beschouwt. Tijdens de monitoring in 2002 is deze echter in tweeën opgedeeld. Evenals in de Van Alsteinpolder is het schor of het voorland en de strook aan de teen apart geïnventarieerd.

De vet gemarkeerde soorten in tabel 5.4 maken deel uit van het zaadmengsel waarmee de dijkvakken na aanleg zijn ingezaaid. Niet verwonderlijk is dan ook dat deze in de eerste jaren in grote aantallen voorkomen. Omdat in de eerste 2 monitoringsjaren in de Koningin Emmapolder geen onderscheid is gemaakt tussen het onder- en boventalud, is een vergelijking tussen beide vakken alleen in 2002 mogelijk. In dat jaar komen in de Koningin Emmapolder meer soorten in grotere aantallen voor dan in de Van Alsteinpolder. Mogelijk kan dit worden toegeschreven aan het hoger zandgehalte in de toplaag. Veder valt op dat bepaalde soorten in het eerste jaar nog regelmatig voorkomen, maar in de daaropvolgende jaren soms drastisch in aantal afneemt of zelfs geheel zijn verdwenen. Andere soorten daarentegen lijken in de tijd qua aantallen juist toe te nemen.

	van Alsteinpolder						Kon. Emmapolder			
	talud (onder)			talud (boven)			talud	talud	tal(o)	tal(b)
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2002
Engels raaigras	8	7	6	9	7	7	7	3	5	8
Gewoon struisgras	4	5	5	3	7	7	3	1	6	5
Rood zwenkgras	6	5	3	6	9	8	2	9	9	7
Veld beemdgras	3	3	5	3	1	3	5	6	3	5
Fioringras	5	4	4	5	2	0	3	3	5	5
Gevlekte rupsklaver	0	0	1	2	1	1	1	3	5	7
Glanshaver	0	1	1	0	1	0	0	3	5	5
Herderstasje	3	0	0	6	0	0	5	0	0	1
Kweek	1	3	3	0	1	1	3	0	5	3
Kruiptje	2	1	0	4	1	0	5	1	0	0
Kleine klaver	1	3	5	0	3	5	0	2	5	5
Paardebloem	4	4	5	2	5	5	3	5	5	3
Ruw beemdgras	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5
Smalbladige wikke	0	0	0	0	0	0	0	1	6	6
Strandkweek	0	1	1	0	0	1	1	1	3	1
Vogelmuur	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Witte klaver	3	1	4	1	3	5	2	5	5	5
Zeebies / Heen	6	5	5	5	1	0	1	1	3	0

Tabel 5.4. Vergelijking in de tijd in beide dijkvakken.

Opgemerkt moet worden dat het inzaaien van beide dijkvakken de spontane ontwikkeling in de eerste jaren zal beïnvloeden. Hierdoor is het niet reëel om in de pionierstadium de aanwezige flora te vergelijken met het verwachtingspatroon. Om echt iets over de ontwikkeling van de vegetatie te kunnen zeggen, zou jaarlijks onderzoek gedurende een periode van 5 tot 10 jaar nodig zijn.

5.8 Overige aspecten.

Beproeving grasplaten.

Bij de aanleg van beide dijkvakken is op de onderhoudsberm kunststof grasplaten aangebracht om te bezien of deze bij een dergelijke constructie (klei- c.q. groene dijken) qua sterkte in de toekomst kunnen worden toegepast. Hoewel dit geen onderdeel uitmaakt van de eigenlijke monitoring, is voor de volledigheid hiervan wel een korte samenvatting van het verslag¹⁰ van de proefbelasting opgenomen. In het dijkvak van Alsteinpolder waren de grasplaten van niet UV-gestabiliseerd polypropyleen en in de Koningin Emmapolder betrof het HDPE-grasplaten van Ritter-techniek. Deze platen waren wel UV-gestabiliseerd. De belastingsproef met een tractor en een geladen dumper erachter is op 3 oktober 2001 uitgevoerd, waarbij een calamiteit werd gesimuleerd. Deze bestond uit het laten schranken van de combinatie opdat een maximale buig-trek-en drukbelasting in de platen zou optreden. De platen welke in de van Alsteinpolder zijn toegepast konden deze belasting niet aan en vertoonden nadien aanzienlijke schade. De in de Koningin Emmapolder toegepaste platen (Ritter-techniek) vertoonden daarentegen in het geheel geen schade.

¹⁰ Verslag proefbelasting kunststof grasplaten onderhoudsweg Kleidijken van Ph. van der Moer, dd. 03-10-2001.



6. Evaluatie, conclusies en aanbevelingen.

6.1 Evaluatie en conclusies.

Belastingduur en reststerkte.

In het 'Plan voor aanleg en monitoring' werd nog vermeld dat de rekenmethode voor de reststerkte van klei onder een graszode opnieuw zou worden bekeken, waardoor waarschijnlijk een iets dunner kleilaag nodig zou zijn. In de VTV (januari 2004) echter is het enige verschil met de LTV (augustus 1996, groene versie) dat in de VTV nu ook de reststerkte voor golfhoogten van 0,2 m wordt vermeld. De reststerkte voor de overige golfhoogten alsmede de maximale laagdikte is ongewijzigd. In de gebruikershandleiding voor grastoets, versie 3 van 2005 wordt als aanvulling op de VTV ook de reststerkteduur voor golfhoogten van 0,1 m gegeven, welke slechts een half uur langer is dan voor golfhoogten van 0,2 m. In een ander rapport¹¹ wordt voor het berekenen van de reststerkte van klei een formule gegeven. De verschillen tussen de beide methoden (berekening en de VTV) zijn aanzienlijk. In de formule wordt namelijk de kleilaagdikte in de breedte (het horizontale vlak) bepaald. Indien de aldus berekende laagdikte wordt vertaald naar een laagdikte loodrecht op het talud bij een helling van 1 op 6, komt men voor de onderhavige dijkvakken uit op een benodigde laagdikte (loodrecht op het talud gemeten) welke aanzienlijk minder is dan volgens de VTV nodig is. Deze discrepantie is binnen de DWW aangekaart, maar moet nog worden opgepakt. Gezien het voorgaande wordt er vooralsnog van uitgegaan dat de eerder bepaalde kleilaagdikte (2 m) voor de beide dijkvakken onder maatgevende omstandigheden ruim voldoende is.

Erosiebestendige klei.

Tijdens de zoektocht naar erosiebestendige klei bleek dat de aangeleverde analyseresultaten vaak niet volledig en/of gedateerd waren en ook dat de winplaats of herkomst van de klei niet altijd even duidelijk was. Tijdens de beoordeling van de analyseresultaten viel ook op dat bepaalde monsters wel voldeden aan de eisen m.b.t. de erosiebestendigheid maar niet aan de eisen van het bouwstoffenbesluit. Uiteindelijk kon de erosiebestendige klei worden gewonnen in de Aardenburgse Havenpolder op Zeeuws-Vlaanderen, waardoor tevens een natuurherstelproject kon worden gerealiseerd. Deze klei bleek goed erosiebestendig, was van de juiste consistentie en dus direct toepasbaar m.u.v. de klei beneden NAP+0,5 m. De benodigde hoeveelheid van circa 30.000 m³ was hier ruimschoots aanwezig. Bovendien voldeed deze klei aan de eisen voor schone grond volgens het bouwstoffenbesluit.

De eigenschappen van de Aardenburgse klei welke in beide dijkvakken is aangebracht, werd aan de hand van 20 individuele op de winlocatie genomen monsters bepaald. Het gemiddeld zandgehalte bedroeg circa 23%, het lutumgehalte 39%, het organische stofgehalte nog geen 3%, het kalkgehalte 23%, een vloeigrens van 73% en een uitrolgrens van 29%. Met een gemiddeld watergehalte van nog geen 33% was de consistentie-index 0,9. Op één mengmonster is nog een proctorproef uitgevoerd, waaruit bleek dat de grootste verdichting bij een vochtgehalte tussen de 13 en 25% werd bereikt. Opgemerkt moet worden dat dit vochtgehalte t.o.v. de gemiddelde uitrolgrens aan de lage kant is. Omdat slechts één proctorproef op een

¹¹ TNO-rapport. Theoriehandleiding PC-ring, versie 4.0, Deel A: Mechanismenbeschrijvingen. April 2003.

mengmonster is uitgevoerd, wordt de gemiddelde uitrolgrens van 29% als het optimale waterhalte gezien. Het maximum watergehalte bij een consistentie-index van 0,75 lag tussen de 35 en 40%.

Uitvoeringsaspecten.

De klei kon uitvoeringstechnisch niet op de wijze worden aangebracht zoals in het plan van aanleg werd voorgesteld. In het plan werd er namelijk van uitgegaan dat na het ontgraven van het zand, de klei over de volle breedte van het talud en in lagen van 40 cm zou worden aangebracht, waarna de laagdikte en de verdichting gecontroleerd zou worden. In de praktijk bleek dat deze voorgestelde werkwijze economisch en technisch niet uitvoerbaar was. Alhoewel de klei wel steeds laagsgewijs is aangebracht en verdicht, waren tussentijds profielmetingen niet altijd mogelijk en zeker niet van elke 40 cm. Ook is de klei eerst over een deel van het talud aangebracht en verdicht om zo een transportweg te creëren voor aanvoer van de klei. De dichtheidsmetingen werden daarom steeds uitgevoerd nadat een deel van het talud gereed was, waarbij de locatie als de bemonsteringsdiepte willekeurig werd gekozen. Uit de dichtheidsmetingen is wel gebleken dat vereiste verdichtingsgraad van 97% overal ruimschoots werd gehaald. Het gemiddeld vochtgehalte lag in de Van Alsteinpolder op 29% en in de Koningin Emmapolder op 34% en dus binnen de gestelde eisen. Uit de dwarsprofielmetingen zowel na ontgraving als na het aanbrengen en verdichten van de erosiebestendige klei, is gebleken dat de benodigde kleilaagdikte van 2 m over het algemeen ruimschoots werd gehaald. De hergebruikte klei welke als toplaag op de erosiebestendige klei werd aangebracht, heeft een dikte van 0,4 à 0,5 m.

Enige problemen ontstonden tijdens een springtij, waarbij zoveel water aan de reeds ontgraven teen kwam te staan dat dit met pompen moest worden afgevoerd. Hierdoor moest ook het aanbrengen van de klei aan de teen tijdelijk worden uitgesteld. Het transport van de klei over de weg vanaf de winplaats naar de dijkvakken verliep over het algemeen zonder problemen. Nadeel was alleen dat na een geopende brug de vrachtwagens dicht op elkaar op het werk arriveerden. Om de bulldozermachinist voldoende tijd te gunnen om de klei te verspreiden en te verdichten, moesten de vrachtwagens soms wachten met lossen.

Bij de verwerking van klei spelen de weersomstandigheden een belangrijke rol. Zo kan tijdens langdurige regenval de klei niet meer optimaal worden verdicht en zal het werk mogelijk stil gelegd moeten worden. De weersomstandigheden tijdens de aanleg van beide dijkvakken in de maanden juli en augustus waren echter gunstig en met name de maand juli was een vrij zonnige en droge maand. Mede hierdoor en de deskundigheid van de aannemer, kan worden gesteld dat het aanleggen van een zogenaamde kleidijk onder dergelijke omstandigheden zeer goed uitvoerbaar is.

Erosie en overige schade.

De dwarsprofielmetingen in de periode na aanleg hadden in eerste instantie tot doel om de mate van erosie t.g.v. golfaanval in beeld te brengen. Uit de in 1999 t/m 2002 gemeten dwarsprofielen is echter gebleken dat met name in het eerste jaar na aanleg het onderste deel van het talud in de Van Alsteinpolder in hoogte is afgenomen. In het tweede jaar is deze daling ook gemeten maar in het derde jaar is de hoogte t.o.v. het tweede jaar nauwelijks veranderd. Gezien het gelijkmatige verloop moet deze afname worden toegeschreven aan klink en/of krimp. In de Koningin Emmapolder is dit effect eveneens te zien, maar dan in mindere mate. De gemeten veranderingen aan de teen van het dijkvak Koningin Emmapolder moeten worden toegeschreven

aan het aan- of wegspoelen van veek. Aan de hand van de gemeten dwarsprofielen kon geen erosie worden vastgesteld.

Ook aan de hand van de visuele inspecties is gebleken dat er geen of nauwelijks sprake is geweest van erosie van de toplaag t.g.v. golfaanval. In de periode van 1999 t/m het stormseizoen van 2003/2004 is echter maar 2 keer een waterstand hoger dan NAP+4,0 m opgetreden. Nadien in de periode van 2004 t/m het stormseizoen van 2005/2006, is nog eenmaal bij twee achtereenvolgende hoogwaters een waterstand boven de NAP+4,0 m opgetreden. De verwachting was echter wel, dat bij dergelijke waterstanden plaatselijk enige erosie (0,1 à 0,2m) zou optreden, zeker bij de hoge waterstand in het eerste jaar na aanleg toen nauwelijks enige grasbedekking aanwezig was.

In het eerste jaar na aanleg is wel erosie opgetreden ten gevolge van neerslag. In de Koningin Emmapolder waar de toplaag een hoger zandgehalte (circa 36%) heeft dan in de Van Alsteinpolder (circa 16%), kwamen vrij veel erosiegeulen voor. Ook werd hier vrij veel uitgespoeld zand aan de teen aangetroffen. Bij latere inspecties waren deze geulen veelal niet meer herkenbaar. Uit de inspecties is ook gebleken dat een kleidijk zoals in beide dijkvakken is aangelegd, niet aantrekkelijk is voor konijnen. Na de toplaag doorgraven te hebben stuiten ze op de harde erosiebestendige kleilaag, waarna de graafactiviteiten zijn gestaakt.

Doorworteling en vegetatie.

Uit het wortelonderzoek is gebleken dat de doorworteling al in het tweede jaar de score goed tot matig krijgt, maar in het daarop volgende derde jaar een sterke achteruitgang vertoont. In het vijfde jaar is nogmaals een wortelonderzoek uitgevoerd, waaruit bleek dat wel enig herstel heeft plaats gevonden maar nog achterblijft van die in het tweede jaar. De score van deze laatste opname moet volgens de VTV voor beide dijkvakken beoordeeld worden als matig. Alhoewel weersinvloeden voorafgaand aan het wortelonderzoek van invloed zijn, blijkt uit een nadere analyse van de temperatuur en de neerslag dat andere oorzaken eveneens een grote invloed moeten hebben op de doorworteling. Welke dit zijn kon echter niet worden achterhaald.

Omdat het inzaaien direct na aanleg de spontane ontwikkeling van de vegetatie de eerste jaren zeker heeft beïnvloed, is een vergelijking met het verwachtingspatroon achterwege gebleven. Ook zijn gedurende de eerste twee jaar (2000 en 2001) na aanleg verschillende zones in de dijkvakken geïnventariseerd, waardoor onderlinge vergelijking alleen voor het laatste jaar (2002) mogelijk is. Hieruit blijkt dat in 2002 op zowel het onder- als het boventalud van het dijkvak Koningin Emmapolder meer soorten planten en in grotere aantallen voor te komen dan in het dijkvak Van Alsteinpolder. Verder blijken de soorten en de aantallen in de loop van de tijd vrij sterk te variëren.

Overige aspecten.

Uit de beproeving van de grasplaten op de hoogwaterberm is gebleken dat de UV-gestabiliseerde platen goed bestand waren tegen extreme belasting, dit in tegenstelling tot de niet UV-gestabiliseerde platen.

6.2 Aanbevelingen.

Belastingduur en reststerkte.

Voor het bepalen van de benodigde laagdikte van klei als taludverdediging onder maatgevende omstandigheden zijn diverse methoden toe te passen. De verschillen tussen de methodes zijn echter vrij groot, waarbij kan worden opgemerkt dat de in de VTV gegeven laagdikten en met name voor lagere golfbelastingen zeer conservatief zijn, hetgeen ook is gebleken uit monitoring van beide dijkvakken. Alhoewel exacte golfhoogten bij de opgetreden hogere waterstanden t.p.v. de beide dijkvakken niet bekend zijn, is er geen of nauwelijks schade opgetreden. Aanbevolen wordt om de huidige richtlijnen en/of rekenregels nader te analyseren aan de hand van reeds uitgevoerd onderzoek (WL-Delft-hydraulics) en/of nog uit te voeren onderzoek.

Erosiebestendige klei.

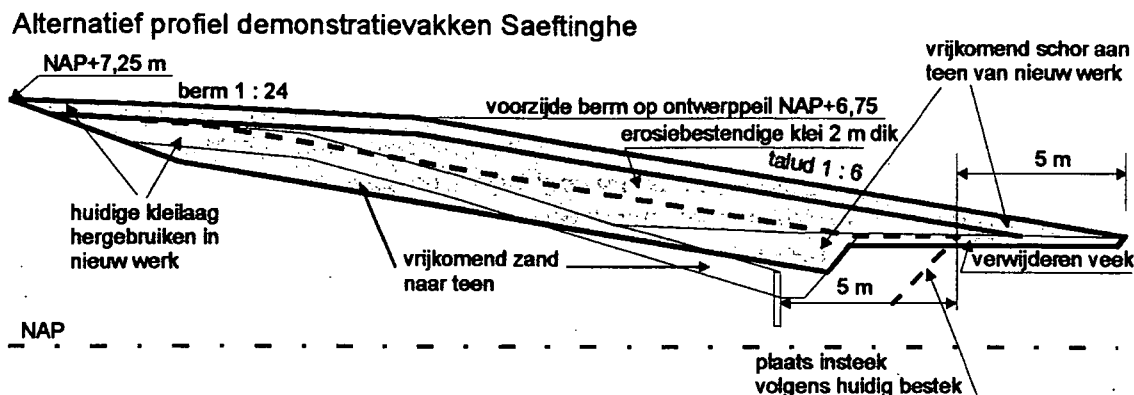
Beschikbare klei voor gebruik in dijken die zowel moet voldoen aan de eisen van erosiebestendigheid, maar ook aan de verwerkingseisen en de eisen van het bouwstoffenbesluit, blijkt met name in grote hoeveelheden moeilijk te vinden. Aanbevolen wordt om bij voornemens een kleidijk aan te leggen, al in een vroeg stadium te starten met de zoektocht naar klei welke aan alle eisen voldoet. Ook wordt aanbevolen om op een mogelijke winplaats de kleilaag zowel in x-, y- en z-richting voldoende te bemonsteren en de individuele monsters te analyseren.

Uitvoeringsaspecten.

Bij aanleg van kleidijken wordt aanbevolen om tijdens de uitvoering voldoende te controleren op de aan te brengen laagdikten, de verdichting en het voorkomen van zandinsluitingen. Omdat de weersomstandigheden een belangrijke rol spelen bij de aanleg van een dik kleipakket over een grote lengte, wordt eveneens aanbevolen om deze werkzaamheden al in mei te laten aanvangen waarbij rekening wordt gehouden met de weersomstandigheden. Gebleken is dat bij normale (langjarig gemiddelde) weersomstandigheden of beter de werkzaamheden goed uitvoerbaar zijn, maar bij slechtere weersomstandigheden (langdurige regenval) met vertraging rekening moet worden gehouden.

Voor het controleren van de verdichtingsgraad verdient een snelle methode de voorkeur, zoals bijvoorbeeld de nucleaire dichtheidsmetingen (Troxler) of de dichtheidsmetingen met het TRIME-GM systeem. Aanbevolen wordt om steekproefsgewijs de verdichting te controleren met enkele steekbusmonsters d.m.v. weging en droging.

Bij het vervangen van een harde bekleding door een dik kleipakket dient het talud in veel gevallen te worden verflauwd en voor een deel te worden afgegraven. Hierbij komen grote hoeveelheden grond vrij die niet direct op het werk toegepast kunnen worden. Aanbevolen wordt om hiervoor al in een vroeg stadium een bestemming te vinden. Ook kan door aanpassing van het ontwerpprofiel de hoeveelheid vrij komende grond in het werk worden geminimaliseerd. Door bijvoorbeeld de berm juist te verhogen en te verbreden behoeft er geen zand meer te worden afgevoerd, maar kan in de teen worden verwerkt (zie figuur 6.1). De constructie komt hierdoor slechts 5 meter verder het schor of het voorland op te liggen. Bovendien worden de werkzaamheden aan de teen beperkt tot het tijdelijk verwijderen van het veek en een beperkte ontgraving t.p.v. de huidige teenconstructie (opsluitconstructie). Deze materialen worden na het aanbrengen van de erosiebestendige kleilaag weer in de teen teruggebracht.



Figuur 6.1. Alternatief profiel.

Monitoringsaspecten.

Ondanks dat aan de hand van de gemeten dwarsprofielen in beide dijkvakken geen erosie is vastgesteld, is het aan te bevelen om bij nieuw werk met een dik kleipakket deze toch te meten. Ervan uitgaande dat door zetting, klink en /of krimp de grootste veranderingen in de eerste jaren na aanleg optreden, kunnen deze metingen worden beperkt tot direct na aanleg en in het 1^e en eventueel het 2^e jaar na aanleg. Pas nadat visueel erosie van enige omvang is geconstateerd, zijn herhalingsmetingen zinvol.

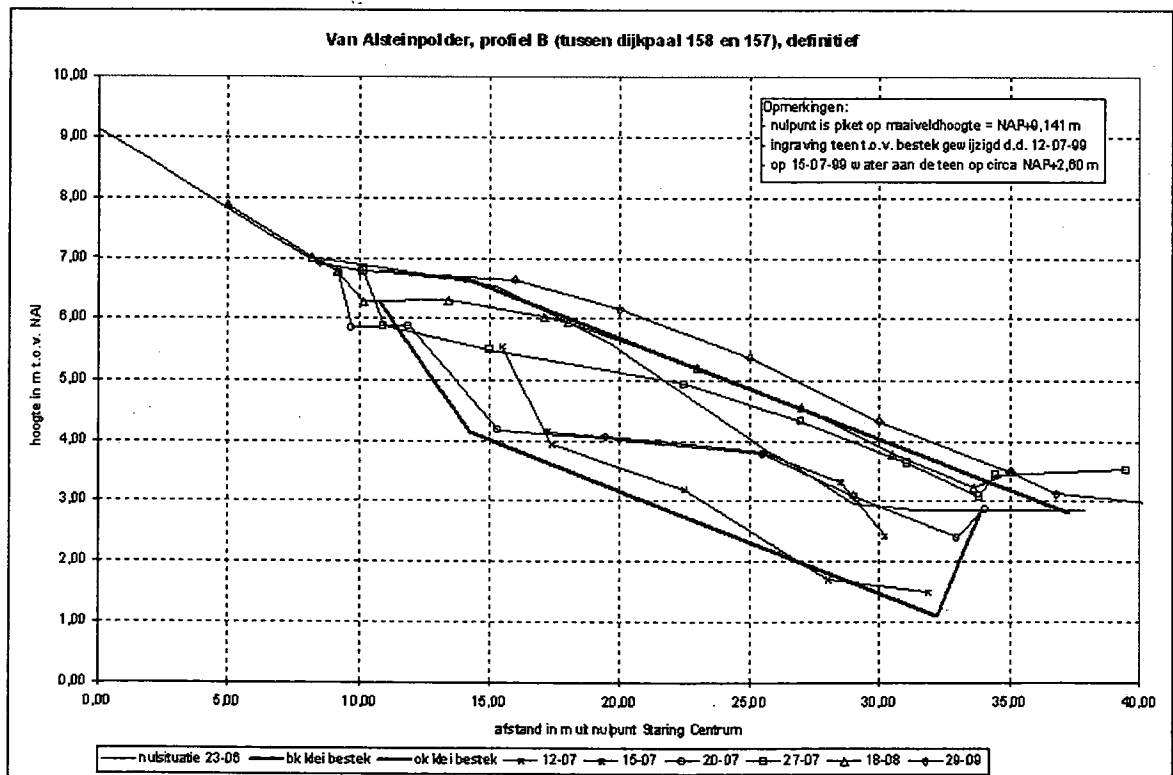
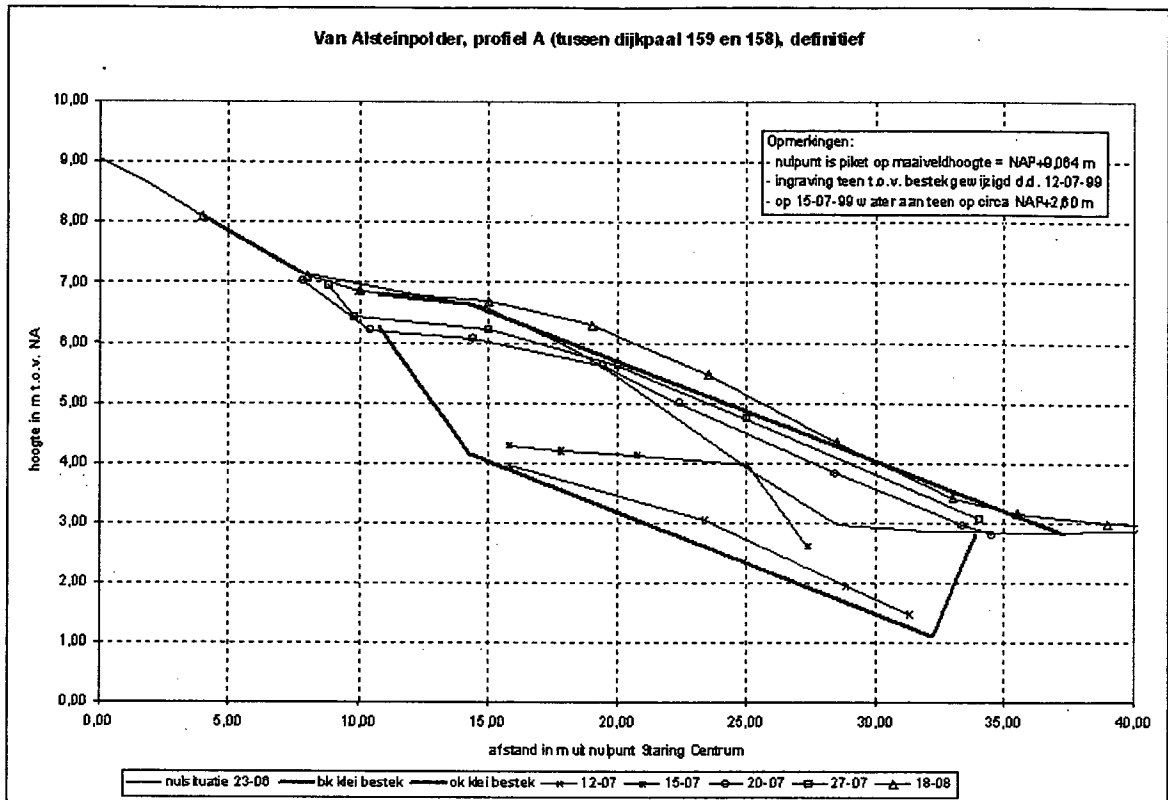
Uit het wortelonderzoek blijkt dat de doorworteling in de loop van de jaren nogal grillig verloopt, welke niet direct aan de weersomstandigheden voorafgaand aan de opname kunnen worden gerelateerd. Aanbevolen wordt om de huidige beoordelingsmethode van de zodekwaliteit op basis van de doorworteling conform de VTV nog eens kritisch te beschouwen. Verder is bij het onderzoek van beide dijkvakken gebleken dat in het eerste jaar van de opname een iets andere beoordelingsmethode is gehanteerd dan de latere jaren. Alhoewel het eerste jaar voor dit onderzoek is gecorrigeerd, wordt aanbevolen om bij dergelijke projecten een en dezelfde beoordelingsmethode te gebruiken.

Ook bij het onderzoek van de vegetatie (plantensoorten) zijn voor de twee dijkvakken verschillende monitoringsvakken beschouwd. Hierdoor wordt het onderling vergelijken van beide dijkvakken niet goed mogelijk, waarbij moet worden opgemerkt dat dit ook niet het doel was maar gezien het verschil in zandgehalte wel interessant.

Ten slotte kan worden geconcludeerd dat beide dijkvakken ondanks de mogelijk lagere golfhoogten dan verwacht, ruimschoots aan de verwachtingen voldoet. Een dergelijke kleidijk zou ook voor het resterende dijkvak langs het Land van Saefthinghe een goed alternatief voor een harde bekleding zijn. Aanbevolen wordt wel om beide dijkvakken na elk stormseizoen visueel te inspecteren en alleen na eventuele schade ten gevolge van een extreem hoge waterstand nader te beoordelen.

BIJLAGE 4.1.

Dwarsprofielen tijdens aanleg.



BIJLAGE 4.2.

Dichtheidsmetingen tijdens aanleg.

Gebruikte methode voor het meten van de dichtheid.

Voor het meten van de verdichting is op voorstel van het Staring Centrum gebruik gemaakt van het TRIME-GM systeem. Dit als alternatief voor de nucleaire dichtheidsmetingen zoals in het ontwerpplan was aangegeven. Het TRIME-GM systeem maakt gebruik van de Time Domain Reflectometry techniek, waarbij de loopsnelheid van een electromagnetische puls wordt gemeten. Meting van deze loopsnelheid resulteert in een waarde voor het volumetrisch vochtgehalte van de grond. Nadat ook het gravimetrisch vochtgehalte is gemeten, wordt door het systeem de dichtheid van de grond berekend. Met dit systeem zou men afhankelijk van de grondsamenstelling een nauwkeurigheid kunnen bereiken van 1-2%. Alhoewel de DWW wel goede ervaringen heeft opgedaan met de TDR-techniek voor het bepalen van vochtgehalten in grond, was het TRIME-GM systeem zoals door de firma IMKO ontwikkeld nieuw.



Tijdens het aanbrengen van de erosiebestendige klei in de Van Alsteinpolder zijn dan ook vrij veel extra monsters genomen, zowel uit de TDR-tubes als m.b.v. steekringen. Van deze monsters zijn middels drogen (105 °C) en weging het vochtgehalte (m/m) en de droge dichtheden bepaald en vergeleken met het door het systeem gemeten waarden. Al vrijwel direct na de eerste metingen werden vrij grote verschillen geconstateerd tussen de met het TRIME-GM systeem gemeten dichtheden en de gedroogde monsters uit de tubes en de steekringen. Dit werd veroorzaakt omdat men ervan was uitgegaan dat de bij het apparaat geleverde eikgegevens voor klei (ton) correct waren. Daar uit een vergelijking van de meetresultaten het liet aanzien dat met het TRIME-GM systeem gemeten waarden een procentueel verschil aangaf, werd i.v.m. de voortgang van de werkzaamheden besloten om de herijking van het systeem uit te stellen tot in de vakantieperiode waarin de werkzaamheden zouden worden stilgelegd. Tot dan zijn ter verdere controle regelmatig monsters uit de TDR-tubes en middels steekringen verkregen monsters gedroogd om de juiste verdichtingsgraad vast te stellen. Tijdens de bouwvak is het TRIME-GM systeem aan de hand van de Aardenburgse klei herijkt, waarna de metingen gedurende enige tijd met zowel de oude als de nieuwe eikgegevens zijn uitgevoerd. Ook toen zijn de meetresultaten nogmaals vergeleken met monsters uit zowel de TDR-tubes als uit de steekringen. De afwijkingen van de verschillende methoden zijn t.o.v. de uit de TDR-tubes verkregen resultaten bepaald, omdat dit exact hetzelfde monster is als de met het TRIME-GM systeem gemeten waarden. De grond uit de steekringen zijn weliswaar op de dezelfde locaties verkregen, maar dienen meer ter controle van de resultaten verkregen uit de TDR-tubes. In onderstaande tabel zijn de afwijkingen van de verschillende methoden weergegeven t.o.v. de resultaten uit TDR-tubes.

	afwijking t.o.v. TDR-controle (tubes)		
	TDR-af(1)	steekring	TDR-af(2)
dichtheid	9,1 %	2,0 %	-1,6 %
vochtgehalte	-11,2 %(m/m)	0,6 %(m/m)	3,7 %(m/m)
TDR-af(1) = fabrieksijking voor klei (ton)			
TDR-af(2) = ijking met klei uit Aardenburg			

Afwijkingen tussen de verschillende methoden

Aan de hand van de geconstateerde afwijkingen, zijn de volgende conclusies getrokken:

- De met het TRIME-GM systeem gemeten waarden waarbij de fabrieksijking voor klei (ton) is gebruikt, geven een vrij grote afwijking op zowel de dichtheid (+9%) als het vochtgehalte (-11%[m/m]) en dienen hierop te worden gecorrigeerd.
- De gemeten waarden m.b.v. de steekringen wijken nauwelijks af, zodat mag worden aangenomen dat de monsters uit de TDR-tubes tot betrouwbare waarden kunnen leiden, mits de apparatuur op de desbetreffende klei is ingesteld (geijkt).
- De met het TRIME-GM systeem gemeten waarden waarbij de apparatuur wel aan de hand van de Aardenburgse klei geijkt was, wijkt voor wat betreft de gemeten dichtheid nauwelijks af. Qua vochtgehalte is de afwijking met bijna 4% (m/m) wat aan de hoge kant. Alhoewel bij het bepalen van de verdichtingsgraad een lagere dichtheid en een hoger vochtgehalte elkaar deels compenseren, worden de gemeten waarden voor wat betreft de dichtheid met +2% en het vochtgehalte met -4 %(m/m) gecorrigeerd. Het gemeten verschil qua vochtgehalte t.o.v. de TDR-controles wordt volgens het StaringCentrum veroorzaakt doordat na enige tijd tussen de klei en de monsterring een dunne condenslaag vormt die de TDR-meting beïnvloed.

Na eventuele correctie van de gemeten waarden (droge dichtheid en actueel vochtgehalte) is voor elke methode apart de gemiddelde (meerdere metingen op één plaats en één diepte) waarde bepaald. Vervolgens is de verdichtingsgraad berekend aan de hand van de maximale proctordichtheid. Op de volgende pagina's is per profiel de gemeten en berekende waarden opgenomen en tot slot is in de diverse profielen de gemiddelde waarde op een bepaalde diepte ingetekend.

Profiel A	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	diepte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
20-07-99	28,40	10-20	+3,68	TDR-afl (1)	3	1560 (1420)	?		
20-07-99	28,40	10-20	+3,68	TDR-contr	3	1407	29,0	1373	102,5
20-07-99	28,40	10-20	+3,68	steekring	3	1444	28,4	1378	104,8
20-07-99	33,40	10-20	+2,80	TDR-afl (1)	3	1520 (1383)	?		
20-07-99	33,40	10-20	+2,80	TDR-contr	3	1386	27,2	1387	99,9
20-07-99	33,40	10-20	+2,80	steekring	3	1403	27,1	1387	101,2
21-07-99	15,70	10-20	+5,80	TDR-afl (1)	2	1590 (1447)	14,8 (25,8)	1395	103,7
22-07-99	13,00	10-20	+5,95	TDR-afl (1)	3	1680 (1529)	14,5 (25,5)	1397	109,4
22-07-99	29,00	10-20	+3,58	TDR-afl (1)	3	1547 (1408)	16,3 (27,3)	1386	101,6
16-08-99	17,00	10-20	+5,85	TDR-afl (1)	3	1530 (1392)	18,5 (29,5)	1369	101,7
16-08-99	17,00	10-20	+5,85	TDR-contr	3	1377	29,0	1373	100,3
16-08-99	17,00	10-20	+5,85	steekring	3	1410	31,3	1352	104,3
16-08-99	17,00	45-55	+5,50	TDR-afl (1)	2	1580 (1438)	16,8 (27,8)	1383	104,0
16-08-99	17,00	45-55	+5,50	TDR-contr	2	1435	26,7	1390	103,2
16-08-99	17,00	45-55	+5,50	steekring	2	1419	27,1	1387	102,3
16-08-99	25,00	10-20	+4,58	TDR-afl (1)	3	1500 (1365)	20,2 (31,2)	1353	100,9
16-08-99	25,00	10-20	+4,58	TDR-contr	3	1357	31,8	1347	100,7
16-08-99	25,00	10-20	+4,58	steekring	2	1388	31,6	1349	102,9
16-08-99	25,00	55-65	+4,13	TDR-afl (1)	3	1540 (1401)	18,8 (29,8)	1367	102,5
16-08-99	25,00	55-65	+4,13	TDR-contr	3	1413	29,2	1371	103,1
16-08-99	25,00	55-65	+4,13	steekring	3	1402	31,2	1353	103,6

Opmerkingen:

De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.

Profil B	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	diepte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
16-07-99	18,30	10-20	+3,95	TDR-afl (1)	2	1645 (1497)	?		
16-07-99	18,30	10-20	+3,95	TDR-contr	2	1476	25,3	1398	105,6
16-07-99	18,30	10-20	+3,95	steekring	3	1587	24,0	1404	113,0
16-07-99	18,30	20-30	+3,85	TDR-afl (1)	2	1720 (1565)	?		
16-07-99	18,30	20-30	+3,85	TDR-contr	2	1577	22,4	1410	111,8
16-07-99	18,30	20-30	+3,85	steekring	3	1559	24,7	1401	111,3
16-07-99	18,30	30-35	+3,73	steekring	3	1554	24,6	1402	110,8
16-07-99	23,75	10-20	+3,74	TDR-afl (1)	3	1850 (1684)	?		
16-07-99	23,75	10-20	+3,74	TDR-contr	3	1724	17,3	1418	121,6
16-07-99	23,75	10-20	+3,74	steekring	3	1722	18,3	1418	121,3
16-07-99	23,75	30-40	+3,54	TDR-afl (1)	3	1770 (1611)	?		
16-07-99	23,75	30-40	+3,54	TDR-contr	3	1653	17,0	1418	116,6
16-07-99	23,75	30-40	+3,54	steekring	3	1682	19,6	1415	118,9
16-07-99	23,75	55-65	+3,29	TDR-afl (1)	3	1697 (1544)	?		
16-07-99	23,75	55-65	+3,29	TDR-contr	3	1575	22,5	1410	111,7
20-07-99	28,00	10-20	+3,12	TDR-afl (1)	3	1537 (1399)	?		
20-07-99	28,00	10-20	+3,12	TDR-contr	3	1379	29,6	1368	100,8
20-07-99	28,00	20-30	+3,02	TDR-afl (1)		?			
20-07-99	28,00	20-30	+3,02	TDR-contr	2	1575	22,4	1410	111,7
20-07-99	28,00	20-30	+3,02	steekring	3	1559	24,7	1401	111,3
18-08-99	16,00	20-30	+5,87	TDR-afl (1)	3	1507 (1371)	20,0 (31,0)	1355	101,2
18-08-99	16,00	40-50	+5,67	TDR-afl (1)	3	1447 (1317)	22,4 (33,4)	1330	99,0
18-08-99	21,00	10-20	+5,35	TDR-afl (1)	2	1310 (1192)	30,3 (41,3)	1218	97,9
18-08-99	21,00	10-20	+5,35	TDR-afl (1)	1 (a)	1230 (1119)	35,9 (46,9)	1112	100,6
18-08-99	21,00	10-20	+5,35	TDR-contr	1 (a)	1139	47,0	1111	102,5
18-08-99	21,00	35-45	+5,10	TDR-afl (1)	3	1470 (1338)	22,7 (33,7)	1327	100,8
18-08-99	28,00	10-20	+4,18	TDR-afl (1)	3	1463 (1331)	21,1 (32,1)	1344	99,0
18-08-99	28,00	10-20	+4,18	TDR-afl (1)	1 (b)	1520 (1383)	19,4 (30,4)	1361	101,6
18-08-99	28,00	10-20	+4,18	TDR-contr	1 (b)	1370	32,4	1341	102,2

Opmerkingen:

1. De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
2. De op 16-07-99 met de steekring gemeten dichtheden op 18,30 m uit nul zijn vlak boven het zandbed gemeten en derhalve niet in de verdere beschouwing meegenomen.
3. De met (a) en (b) gemerkte individuele monsters zijn extra controles i.v.m. een sterk afwijkende meetwaarde van de TDR-apparatuur. Uit de deze controle kan wel worden geconcludeerd dat de TDR-apparatuur naar behoren heeft gewerkt. Voor de gemiddelde verdichtingsgraad worden deze controlemetingen buiten beschouwing gelaten.

Profiel C	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	diepte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
21-07-99	27,50	10-20	+2,76	TDR-afl (1)	3	1423 (1295)	14,5 (25,5)	1397	92,7
22-07-99	15,35	10-20	+4,32	TDR-afl (1)	1	1570 (1429)	17,9 (28,9)	1374	104,0
22-07-99	15,35	10-20	+4,32	TDR-contr	1	1407	31,1	1354	103,9
22-07-99	15,35	10-20	+4,32	TDR-afl (1)	1	1600 (1456)	16,7 (27,7)	1383	105,3
22-07-99	15,35	10-20	+4,32	TDR-contr	1	1439	29,3	1371	105,0
22-07-99	27,35	10-20	+2,76	TDR-afl (1)	1	1530 (1392)	17,4 (28,4)	1378	101,0
22-07-99	27,35	10-20	+2,76	TDR-contr	1	1413	27,0	1388	101,8
22-07-99	27,35	10-20	+2,76	TDR-afl (1)	1	1510 (1374)	16,8 (27,8)	1383	99,3
22-07-99	27,35	10-20	+2,76	TDR-contr	1	1373	27,6	1384	99,2
22-07-99	27,35	30-40	+2,56	TDR-afl (1)	2	1585 (1442)	17,3 (28,3)	1379	104,6
20-08-99	29,65	10-20	+3,05	TDR-afl (1)	3	1520 (1383)	20,2 (31,2)	1353	102,2
20-08-99	29,65	30-40	+2,85	TDR-afl (1)	2	1495 (1360)	20,3 (31,3)	1352	100,6
24-08-99	13,40	10-20	+6,34	TDR-afl (1)	3	1573 (1431)	18,6 (29,6)	1368	104,6
24-08-99	13,40	40-50	+6,04	TDR-afl (1)	3	1523 (1386)	19,5 (30,5)	1360	101,9
24-08-99	20,60	10-20	+5,28	TDR-afl (1)	3	1580 (1438)	17,7 (28,7)	1375	104,6
24-08-99	20,60	30-40	+5,08	TDR-afl (1)	3	1523 (1386)	19,9 (30,9)	1356	102,2
24-08-99	20,60	50-60	+4,88	TDR-afl (1)	2	1525 (1388)	19,4 (30,4)	1361	102,0

Opmerkingen:

1. De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
2. De gemeten waarde op 21-07-99 wijkt sterk af in vergelijking met de gemeten waarden op 22-07-99 op nagenoeg dezelfde plaats. De oorzaak hiervoor is dat de meting op 21-07-99 tijdens het aanbrengen werd uitgevoerd en de meting op 22-07-99 nadat de klei voldoende was verdicht. Deze meting wordt daarom buiten beschouwing gelaten en laat alleen zien dat door het met de bulldozer verdichten van de klei tot voldoende resultaten leidt.

Profiel D	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	hoogte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
30-08-99	22,90	10-20	4,25	TDR-afl (1)	3	1497 (1362)	20,2 (31,2)	1353	100,7
30-08-99	22,90	10-20	4,25	TDR-afl (2)	3	1347 (1374)	33,8 (29,8)	1367	100,5
30-09-99	31,20	15-25	3,00	TDR-afl (1)	3	1460 (1329)	20,3 (31,3)	1352	98,3
30-08-99	31,20	15-25	3,00	TDR-afl (2)	3	1287 (1313)	35,9 (31,9)	1346	97,5
30-08-99	31,20	15-25	3,00	TDR-contr	2	1310	33,6	1328	98,6
30-08-99	31,20	33-43	2,85	TDR-afl (1)	2	1505 (1370)	20,4 (31,4)	1351	101,4
30-08-99	31,20	33-43	2,85	TDR-afl (2)	2	1360 (1387)	33,5 (29,5)	1369	101,3
02-09-99	14,80	10-20	6,11	TDR-afl (1)	3	1450 (1320)	23,2 (34,2)	1321	99,9
02-09-99	14,80	10-20	6,11	TDR-afl (2)	3	1287 (1312)	39,2 (35,2)	1310	100,2
02-09-99	14,80	10-20	6,11	TDR-contr	1	1300	35,4	1307	99,5
02-09-99	14,80	30-40	5,91	TDR-afl (1)	3	1447 (1317)	24,9 (35,9)	1301	101,2
02-09-99	14,80	30-40	5,91	TDR-afl (2)	3	1297 (1323)	39,1 (35,1)	1311	100,9
02-09-99	14,80	30-40	5,91	TDR-contr	1	1330	34,5	1318	100,9
02-09-99	14,80	60-70	5,61	TDR-afl (1)	2	1465 (1333)	23,2 (34,2)	1321	100,9
02-09-99	14,80	60-70	5,61	TDR-afl (2)	2	1305 (1331)	38,3 (34,3)	1320	100,8
02-09-99	14,80	60-70	5,61	TDR-contr	1	1350	33,9	1324	102,0
02-09-99	22,80	10-20	5,14	TDR-afl (1)	3	1537 (1399)	20,4 (31,4)	1351	103,6
02-09-99	22,80	10-20	5,14	TDR-afl (2)	3	1363 (1390)	35,6 (31,6)	1349	103,0
02-09-99	22,80	10-20	5,14	TDR-contr	1	1370	32,7	1338	102,4
02-09-99	22,80	32-42	4,92	TDR-afl (1)	3	1447 (1317)	23,7 (34,7)	1315	100,2
02-09-99	22,80	32-42	4,92	TDR-afl (2)	3	1290 (1316)	38,8 (34,8)	1314	100,2
02-09-99	22,80	32-42	4,92	TDR-contr	2	1325	34,1	1322	100,2
03-09-99	27,80	10-20	4,07	TDR-afl (1)	3	1477 (1344)	23,9 (34,9)	1313	102,4
03-09-99	27,80	10-20	4,07	TDR-afl (2)	3	1323 (1349)	38,3 (34,3)	1320	102,2
03-09-99	27,80	10-20	4,07	TDR-contr	1	1310	35,2	1310	100,0
03-09-99	27,80	35-45	3,85	TDR-afl (1)	2	1400 (1274)	26,9 (37,9)	1273	100,0
03-09-99	27,80	35-45	3,85	TDR-afl (2)	2	1255 (1280)	41,8 (37,8)	1274	100,5
03-09-99	27,80	35-45	3,85	TDR-contr	2	1305	36,1	1299	100,5
03-09-99	33,80	10-20	3,02	TDR-afl (1)	3	1477 (1344)	23,4 (34,4)	1319	101,9
03-09-99	33,80	10-20	3,02	TDR-afl (2)	3	1327 (1353)	37,7 (33,7)	1327	102,0
03-09-99	33,80	10-20	3,02	TDR-contr	1	1380	32,4	1341	102,9

Opmerkingen:

1. De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
2. De TDR-afl (2) gemeten dichtheden zijn met +2% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met -4 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.

Profiel E	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	hoogte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
30-08-99	17,00	13-23	4,50	TDR-afl (1)	3	1500 (1365)	19,2 (30,2)	1363	100,1
30-08-99	17,00	13-23	4,50	TDR-afl (2)	3	1330 (1357)	34,5 (30,5)	1360	99,8
30-08-99	17,00	13-23	4,50	TDR-contr	2	1345	31,0	1355	99,3
30-08-99	17,00	40-50	4,20	TDR-afl (1)	2	1590 (1447)	18,4 (29,4)	1370	105,6
30-08-99	17,00	40-50	4,20	TDR-afl (2)	2	1425 (1454)	32,2 (28,2)	1379	105,4
30-08-99	30,00	12-22	2,53	TDR-afl (1)	3	1457 (1326)	22,4 (33,4)	1330	99,7
30-08-99	30,00	12-22	2,53	TDR-afl (2)	3	1297 (1323)	37,4 (33,4)	1330	99,5
07-09-99	14,00	5-15	6,36	TDR-afl (1)	3	1520 (1383)	20,5 (31,5)	1350	102,4
07-09-99	14,00	5-15	6,36	TDR-afl (2)	3	1396 (1424)	34,5 (30,5)	1360	104,7
07-09-99	14,00	5-15	6,36	TDR-contr	2	1380	31,3	1352	102,1
07-09-99	14,00	30-40	6,11	TDR-afl (1)	3	1360 (1238)	26,2 (37,2)	1283	96,5
07-09-99	14,00	30-40	6,11	TDR-afl (2)	3	1203 (1227)	43,0 (39,0)	1257	97,6
07-09-99	14,00	30-40	6,11	TDR-contr	2	1230	39,5	1250	98,4
07-09-99	14,00	50-60	5,91	TDR-afl (1)	3	1357 (1235)	29,2 (40,2)	1239	99,7
07-09-99	14,00	50-60	5,91	TDR-afl (2)	3	1213 (1237)	44,7 (40,7)	1230	100,6
07-09-99	14,00	50-60	5,91	TDR-contr	2	1255	38,0	1272	98,7
07-09-99	21,00	10-20	5,50	TDR-afl (1)	3	1287 (1171)	32,5 (43,5)	1180	99,2
07-09-99	21,00	10-20	5,50	TDR-afl (2)	3	1143 (1166)	49,1 (45,1)	1151	101,3
07-09-99	21,00	10-20	5,50	TDR-contr	3	1187	42,6	1214	97,8
07-09-99	21,00	32-42	5,28	TDR-afl (1)	2	1385 (1260)	24,9 (35,9)	1301	96,8
07-09-99	21,00	32-42	5,28	TDR-afl (2)	2	1215 (1239)	42,0 (38,0)	1272	97,4
07-09-99	21,00	32-42	5,28	TDR-contr	1	1200	40,6	1232	97,4
08-09-99	27,00	5-15	4,33	TDR-afl (1)	3	1410 (1283)	23,8 (34,8)	1314	97,6
08-09-99	27,00	5-15	4,33	TDR-afl (2)	3	1253 (1278)	39,4 (35,4)	1307	97,8
08-09-99	27,00	5-15	4,33	TDR-contr	1	1280	37,6	1277	100,2
08-09-99	27,00	40-50	3,98	TDR-afl (1)	2	1460 (1329)	22,5 (33,5)	1329	100,0
08-09-99	27,00	40-50	3,98	TDR-afl (2)	2	1315 (1341)	36,3 (32,3)	1342	99,9
08-09-99	33,00	10-20	3,21	TDR-afl (1)	2	1480 (1347)	22,0 (33,0)	1334	101,0
08-09-99	33,00	10-20	3,21	TDR-afl (2)	3	1327 (1354)	35,7 (31,7)	1348	100,4
08-09-99	33,00	35-45	2,96	TDR-afl (2)	2	1305 (1331)	36,5 (32,5)	1340	99,3

Opmerkingen:

1. De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
2. De TDR-afl (2) gemeten dichtheden zijn met +2% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met -4 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
3. Op 07-09-99 zijn eveneens 2 monsters direct van de vrachtwagen genomen ter bepaling van het vochtgehalte. Een van de monsters had een vochtgehalte van 35 % (m/m) en de ander een vochtgehalte van 59 % (m/m).

Profiel F	Erosiebestendige klei								
	Datum	afstand uit nul [m]	diepte tov MV [cm]	hoogte tov NAP [m]	methode	aantal monsters	droge dichtheid [kg/m ³]	vochtgehalte [% m/m]	proctor-dichtheid [kg/m ³]
30-08-99	14,05	5-15	5,35	TDR-afl (1)	3	1583 (1441)	19,0 (30,0)	1365	105,6
30-08-99	14,05	5-15	5,35	TDR-afl (2)	3	1427 (1456)	31,9 (27,9)	1382	105,4
30-08-99	14,05	5-15	5,35	TDR-contr	3	1457	27,7	1383	105,4
30-08-99	14,05	5-15	5,35	Steekring	3	1517	27,5	1385	109,5
30-08-99	14,05	35-45	5,05	TDR-afl (1)	2	1625 (1479)	19,4 (30,4)	1361	108,7
30-08-99	14,05	35-45	5,05	TDR-afl (2)	2	1435 (1464)	32,3 (28,3)	1379	106,2
30-08-99	26,30	7-17	3,10	TDR-afl (1)	3	1507 (1371)	20,9 (31,9)	1346	101,9
30-08-99	26,30	7-17	3,10	TDR-afl (2)	3	1350 (1377)	34,8 (30,8)	1357	101,5
30-08-99	26,30	7-17	3,10	TDR-contr	3	1367	31,5	1350	101,3
30-08-99	26,30	7-17	3,10	Steekring	3	1397	31,8	1347	103,7
30-08-99	26,30	30-40	2,90	TDR-afl (1)	2	1575 (1433)	18,5 (29,5)	1369	104,7
30-08-99	26,30	30-40	2,90	TDR-afl (2)	2	1420 (1448)	31,5 (27,5)	1385	104,5
30-08-99	33,50	15-25	1,75	TDR-afl (1)	3	1450 (1320)	21,9 (32,9)	1336	98,8
30-08-99	33,50	15-25	1,75	TDR-afl (2)	3	1313 (1339)	35,2 (31,2)	1353	99,0
30-08-99	33,50	15-25	1,75	TDR-contr	2	1330	32,7	1338	99,4
08-09-99	24,10	5-15	4,98	TDR-afl (2)	3	1220 (1244)	43,7 (39,7)	1247	99,8
08-09-99	27,90	5-15	4,37	TDR-afl (2)	3	1333 (1360)	37,7 (33,7)	1327	102,5
09-09-99	14,50	10-20	6,23	TDR-afl (2)	3	1323 (1349)	36,0 (32,0)	1345	100,3
09-09-99	14,50	35-45	5,98	TDR-afl (2)	3	1293 (1319)	36,9 (32,9)	1336	98,7
09-09-99	14,50	55-65	5,78	TDR-afl (2)	3	1387 (1415)	31,7 (27,7)	1383	102,3
09-09-99	19,50	5-15	5,93	TDR-afl (2)	3	1253 (1278)	41,1 (37,1)	1284	99,5
09-09-99	19,50	35-45	5,63	TDR-afl (2)	3	1487 (1517)	29,8 (25,8)	1395	108,7
09-09-99	25,50	5-15	5,01	TDR-afl (2)	3	1227 (1252)	42,4 (38,4)	1266	98,9
09-09-99	32,50	10-20	3,63	TDR-afl (2)	3	1307 (1333)	36,8 (35,3)	1309	101,8
09-09-99	32,50	35-40	3,38	TDR-afl (2)	3	1290 (1316)	40,5 (38,9)	1258	104,6

Opmerkingen:

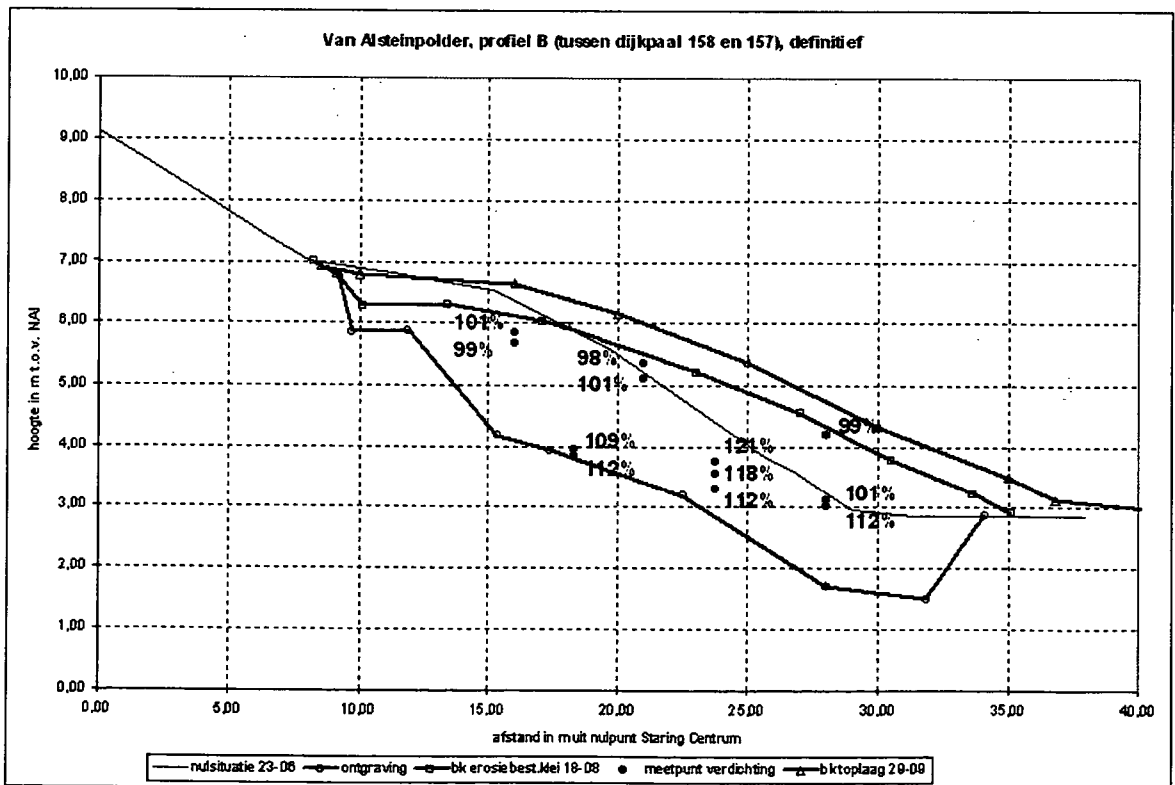
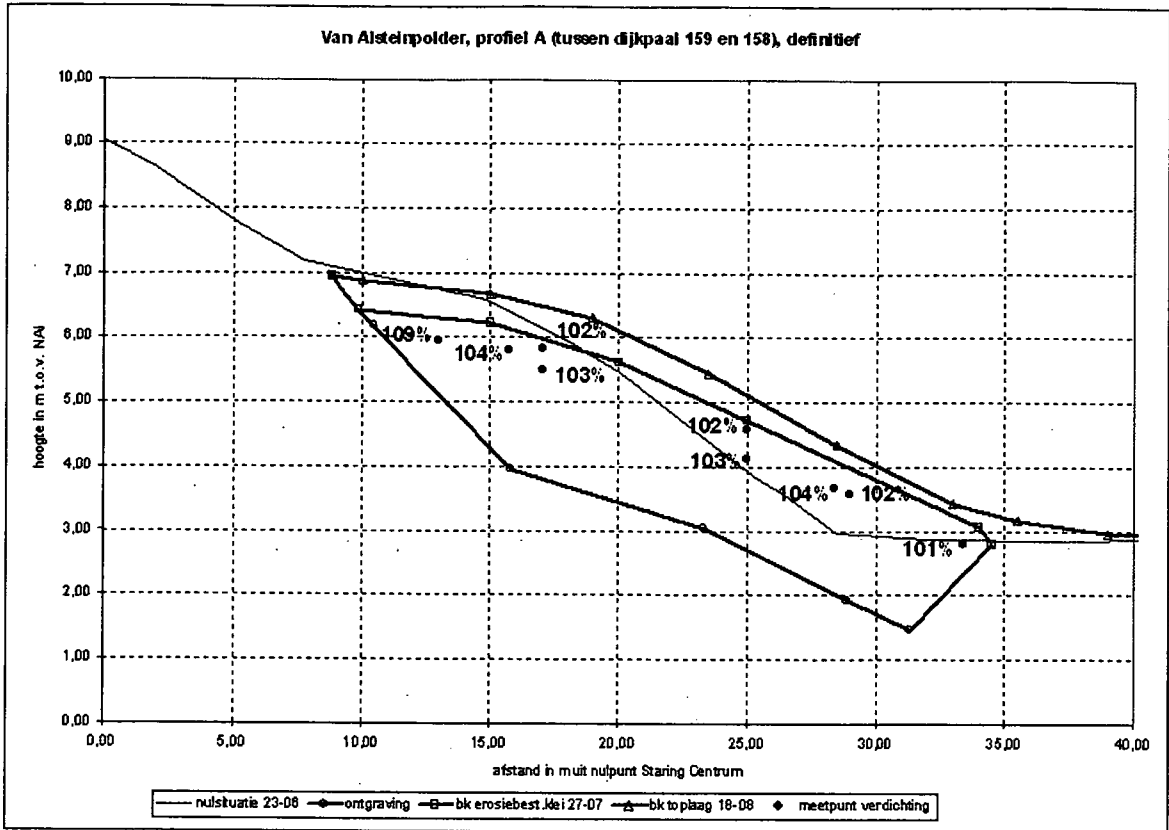
1. De TDR-afl (1) gemeten dichtheden zijn met -9% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met +11 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.
2. De TDR-afl (2) gemeten dichtheden zijn met +2% gecorrigeerd en de gemeten vochtgehalten met -4 % (m/m), zie de tussen haakjes geplaatste waarden.

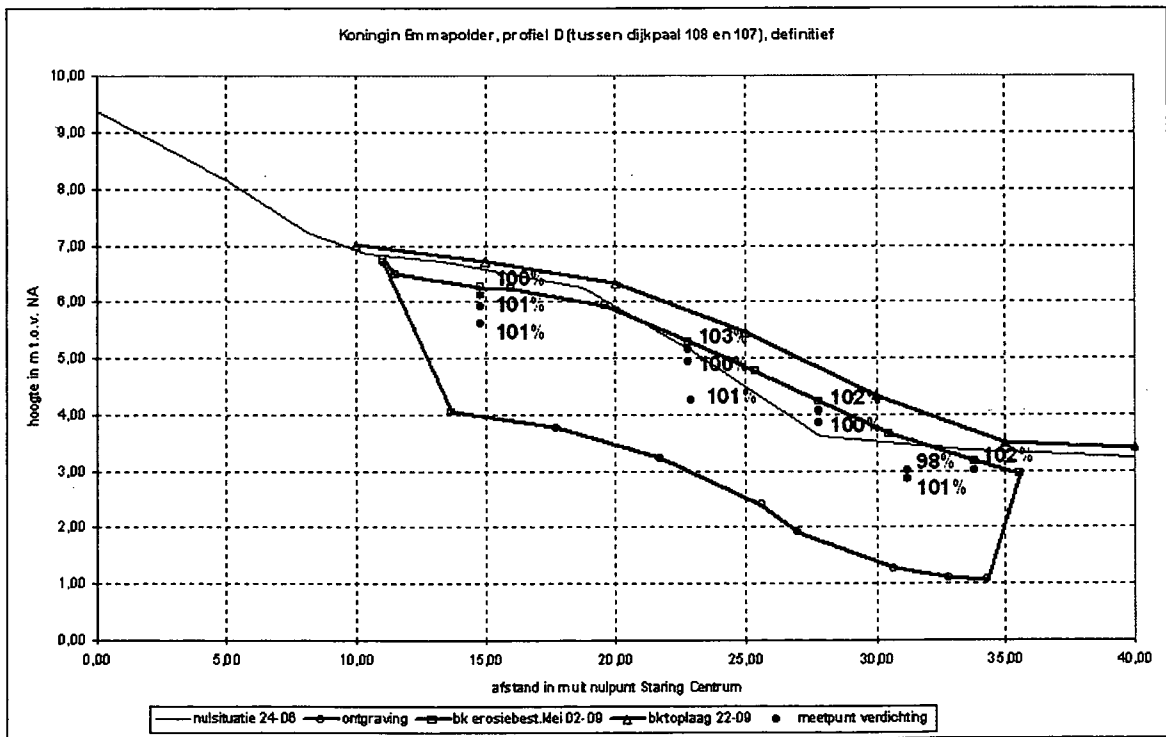
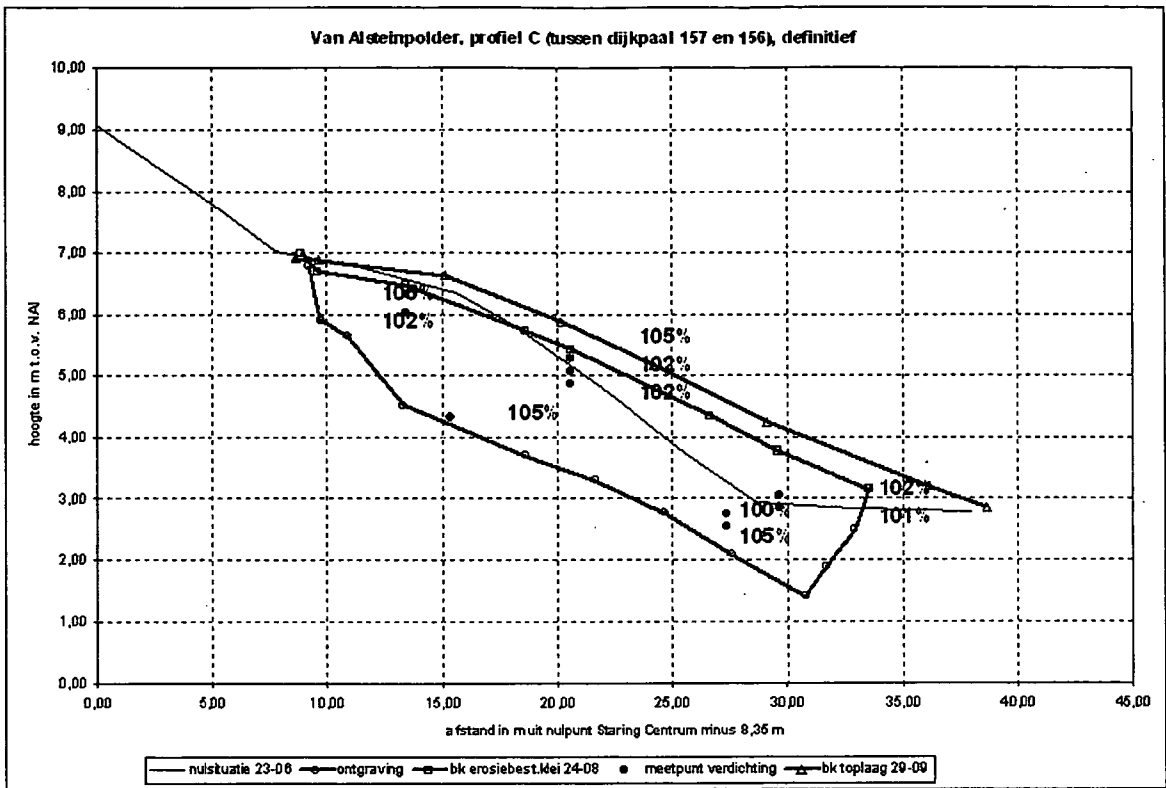
Dichtheden en vochtgehaltes toplaag.

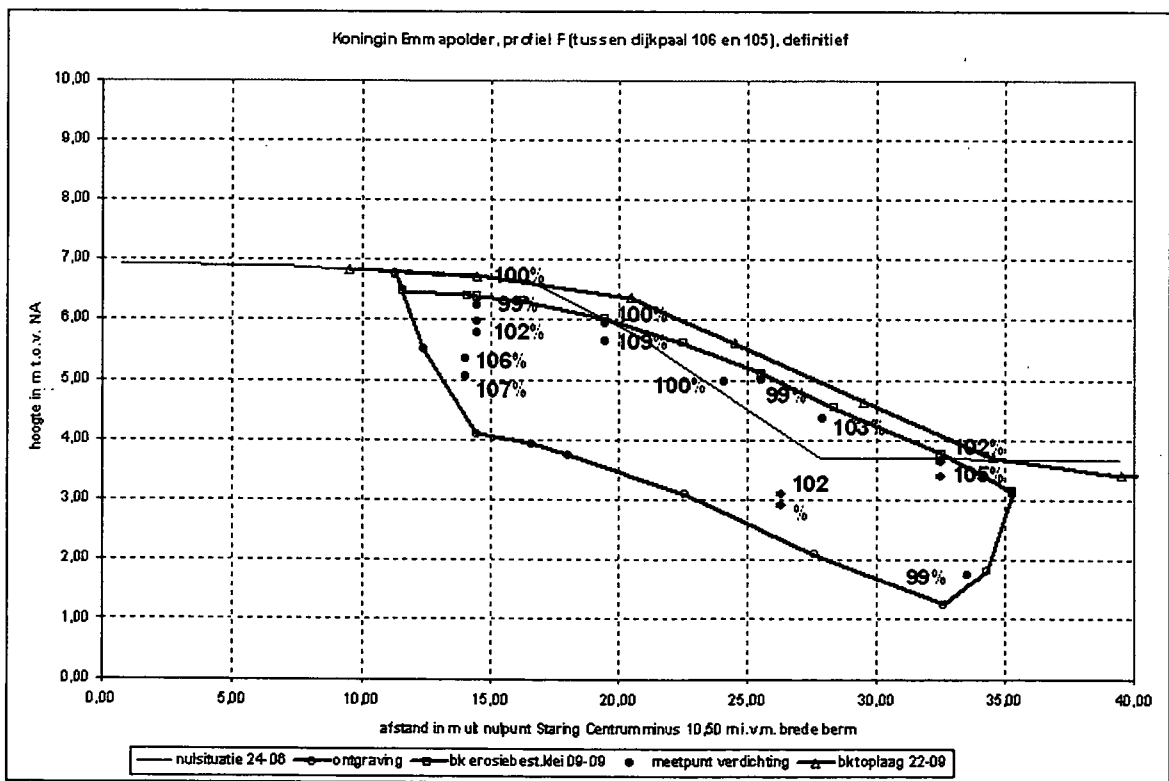
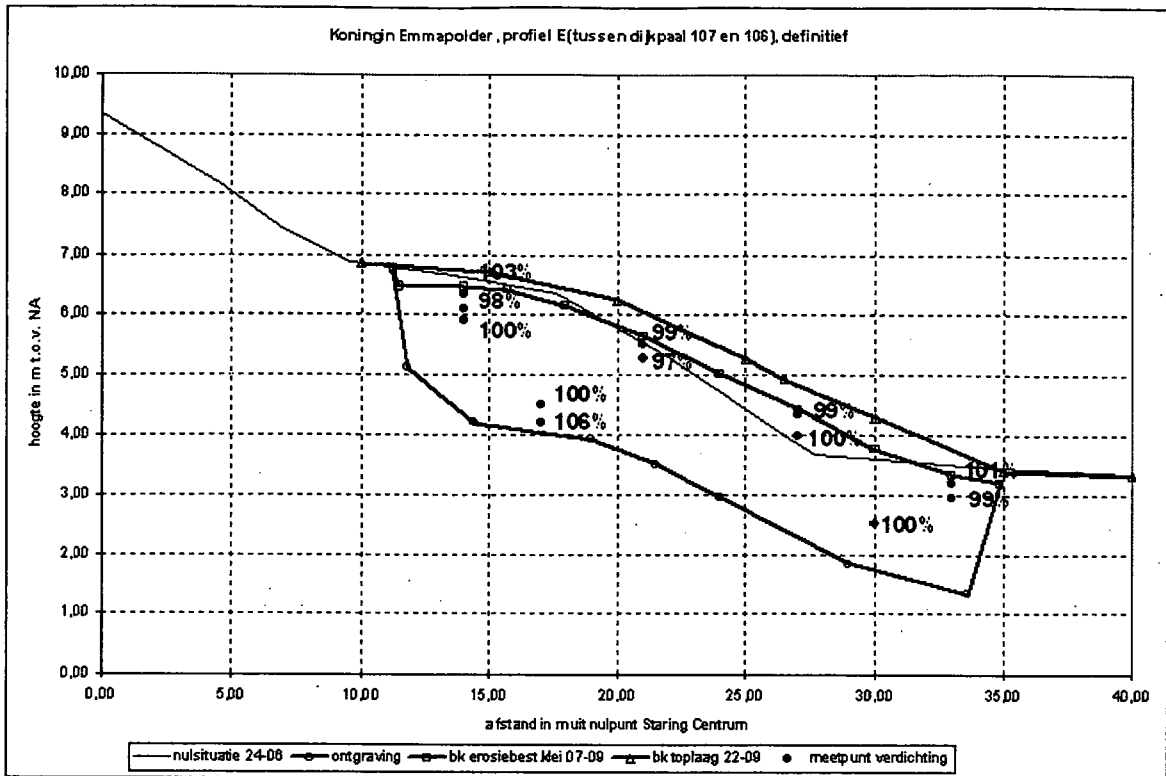
Profiel	Datum	Afstand uit nul [m]	Diepte t.o.v. MV [cm]	Aantal monsters	Gemiddeld dr.dichtheid [kg/m ³]	Gemiddeld vochtgehalte [% m/m]
A	27-09-99	20,00	15-20	3	1209	34,8
A	27-09-99	30,00	15-20	3	1134	46,0
A	27-09-99	37,00	15-20	3	1260	38,6
B	29-09-99	20,00	15-20	3	1234	37,9
B	29-09-99	25,00	15-20	3	1177	35,2
B	29-09-99	35,00	15-20	3	1154	46,7
C	29-09-99	15,15	10-15	3	1322	34,1
C	29-09-99	24,15	15-20	3	1113	33,4
C	29-09-99	29,15	15-20	3	1093	49,9
D	22-09-99	25,00	10-20	3	1382	24,6
D	22-09-99	32,00	10-20	3	1306	25,7
D	22-09-99	37,00	10-20	3	1111	38,8
E	22-09-99	19,00	10-20	3	1489	21,7
E	22-09-99	26,50	10-20	3	1362	19,5
E	22-09-99	40,00	10-20	3	1274	28,7
F	22-09-99	17,50	10-20	3	1456	18,5
F	22-09-99	28,50	10-20	3	1371	24,9
F	22-09-99	38,00	10-20	3	1351	28,0

BIJLAGE 4.3.

Dikte kleilagen en verdichtingsgraad.







BIJLAGE 5.1.

Vegetatieonderzoek.

Vegetatieonderzoek door het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen.

Na ontvangst van de door het Waterschap gehanteerde formulieren 'Meetformulier kwaliteit dijkgraskland' van 04-04-2000 bleek dat er enig verschil bestaat in de interpretatie van de gegevens t.o.v. de LTV. Bij het bepalen van de worteldichtheid moet volgens de LTV op 4 plaatsen in een dijkvak van 5 bij 5 m een wortelmonster gestoken. De bovenste 20 cm van elk monster wordt vervolgens opgedeeld in partjes van 2,5 cm, waarna in elk partje het aantal wortels van minimaal 1 cm lengte wordt geteld. Het gemiddeld aantal wortels per 2,5 cm geeft aan in welke categorie de worteldichtheid valt. In de LTV wordt het gemiddelde aantal wortels of de score per bodemlaagje van 2,5 cm als een punt in een figuur aangegeven. Door het Waterschap werd echter per partje uit het aantal wortels de score bepaald en vervolgens de gemiddelde score per bodemlaagje vastgesteld. Eveneens werd door het Waterschap een iets andere score voor het aantal wortels en de benaming van de eindkwaliteit aangehouden dan in de LTV wordt vermeld. Zo kent de LTV de kwaliteiten 'zeer slecht', 'slecht', 'matig' en 'goed', terwijl door het waterschap 'laag', 'matig', 'redelijk' en 'hoog' wordt aangehouden. Dit kan tot interpretatieverschillen leiden, zie onderstaande tabellen.

Diepte	monster 1		monster 2		monster 3		monster 4		totaal	
	wortels	score	wortels	score	wortels	score	wortels	score	wortels	score
2,5 - 5 cm	15	3	10	2	8	2	21	4	54	11
Score uit gemiddeld aantal wortels → $54 : 4 = 13,5$ → score 3. Gemiddelde score → $11 : 4 = 2,75$										

Categorie (LTV) Score (Wp)	Aantal wortels	
	volgens LTV	volgens wp. Z-V
0	geen	geen
1	1 tot 3	1 tot 5
2	4 tot 10	6 tot 10
3	11 tot 20	11 tot 20
4	21 tot 40	meer dan 20
5	meer dan 40	wortelmatje (>40)

Volgens de LTV-helppesdesk is de de categorie-indeling c.q. score in de LTV de juiste methode. Na bepaling van het aantal wortels per partje moet het gemiddelde aantal wortels per bodemlaagje van 2,5 cm worden vastgesteld en niet de gemiddelde score per bodemlaagje. Om misverstanden te voorkomen is daarom in deze rapportage van de eerste opname de score per monster aangepast aan de hand van het aantal wortels. Vervolgens is hieruit de gemiddelde score vastgesteld, zie tabel 3.

F. Gemiddelde score (volgens LTV)	van Alsteinpolder					Emmapolder				
	1	2	3	4	Gemid.	1	2	3	4	Gemid.
diepte 0 - 2,5 cm	1	3	4	5	3,25	4	5	4	5	4,50
diepte 2,5 - 5 cm	3	2	2	4	2,75	3	4	3	3	3,25
diepte 5 - 7,5 cm	2	1	3	3	2,25	3	3	3	2	2,75
diepte 7,5 - 10 cm	2	1	2	2	1,75	2	3	3	2	2,50
diepte 10 - 12,5 cm	2	2	0	1	1,25	3	3	3	3	3,00
diepte 12,5 - 15 cm	2	2	2	2	2,00	2	2	3	2	2,25
diepte 15 - 17,5 cm	1	2	2	1	1,50	2	2	2	2	2,00
diepte 17,5 - 20 cm	1	1	2	2	1,50	2	2	2	2	2,00

Door deze correctie komt de gemiddelde score over de eerste opname in een aantal gevallen iets hoger te liggen dan wat het waterschap heeft vastgesteld (zie vet gedrukte waarden). Opgemerkt moet worden dat de hiervoor beschreven methode (LTV) niet afwijkt van de huidige voorgeschreven methode (VTV).

Algemene informatie betreffende de monitoringsvakken.

Datum : 04-04-2000	van Alsteinpolder	Koningin Emmapolder
hectometrerings	dp 158 tot 158+25 m	dp 107 tot 107+25 m
waarnemingshoogte	NAP+5,50m en lager	NAP+6,50 m en lager
opmerkingen	buiten dijkvak lange oppervlakkige mollengangen, ook onder doorgroeiplate	erosiegeultjes a.g.v. neerslag, enkele konijnengraverijen
Datum : 13-02-2001	van Alsteinpolder	Koningin Emmapolder
hectometrerings	dp 157 tot 157+25 m	dp 107 tot 107+25 m
waarnemingshoogte	NAP+4,5m tot+6,0m	NAP+4,5m tot+6,0m
opmerkingen	geen	2 konijnenpijpen nabij dp 108,05 en hoogte tussen NAP+4 en +6 m.
Datum : 13-03-2002	van Alsteinpolder	Koningin Emmapolder
hectometrerings	Dp 157 tot 157 + 25 m	dp 107 tot 107+25 m
waarnemingshoogte	NAP+4,5m tot+6,0m	NAP+4,5m tot+6,0m
opmerkingen	geen	geen

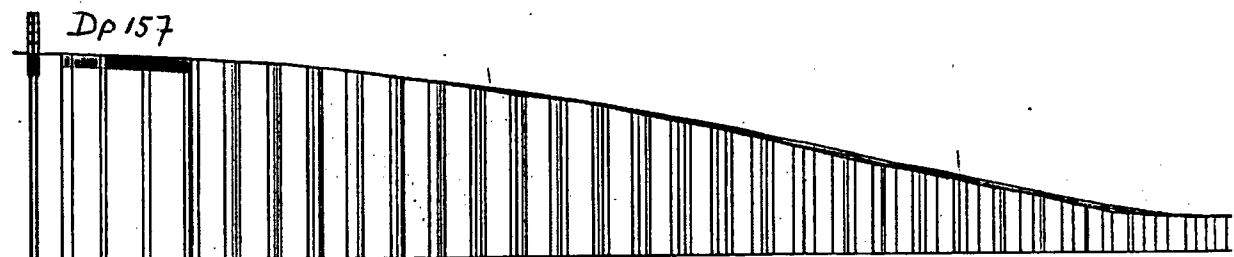
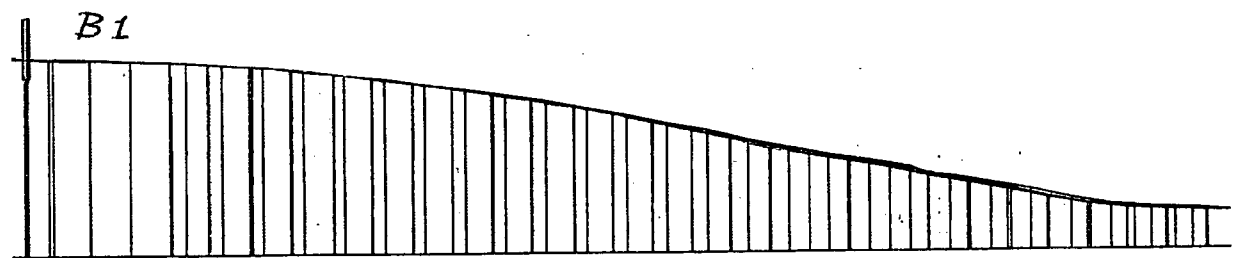
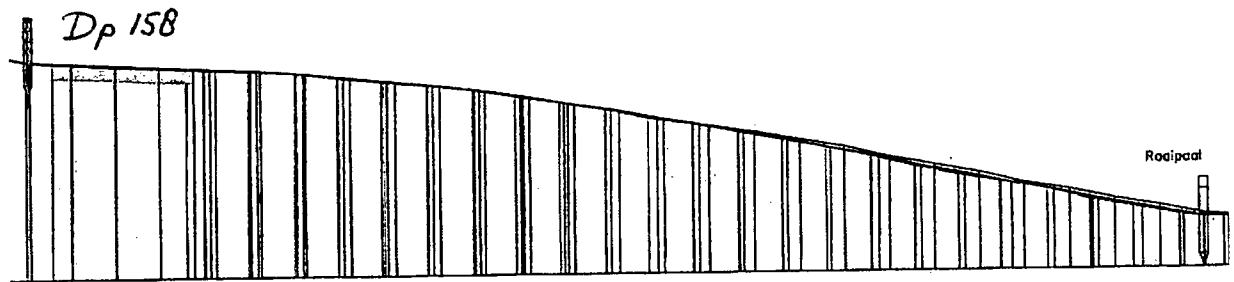
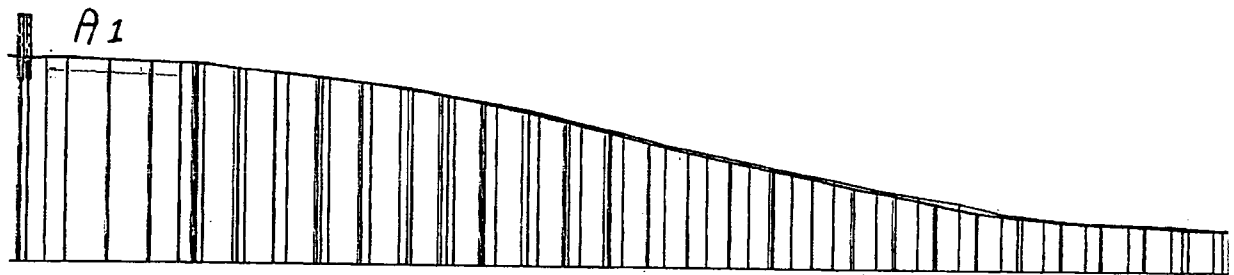
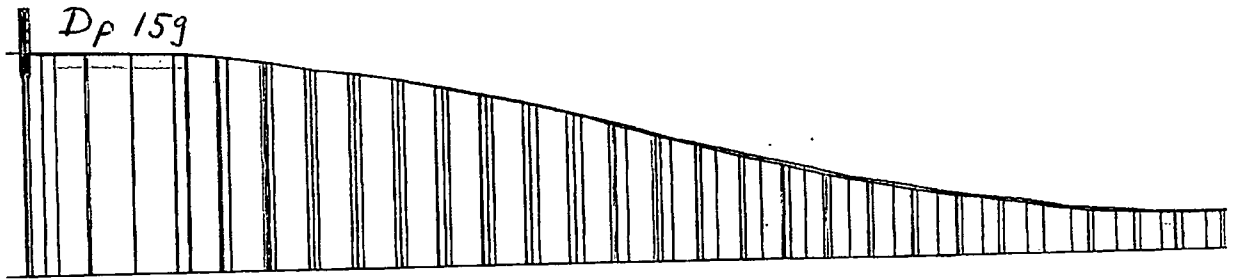
Monitoringsgegevens waterschap.

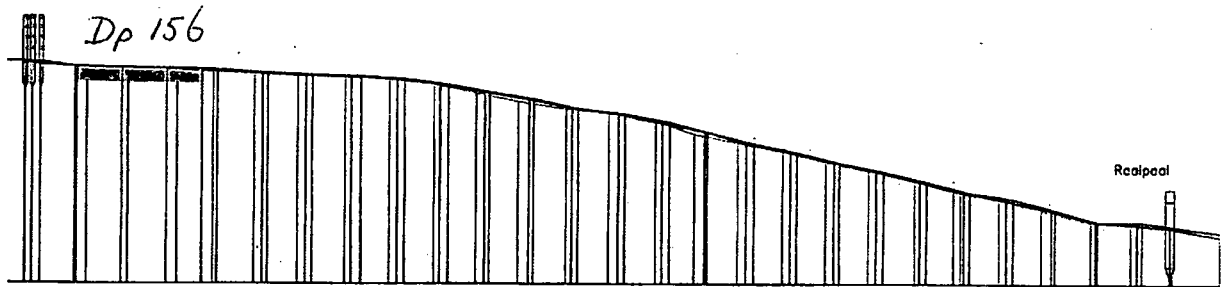
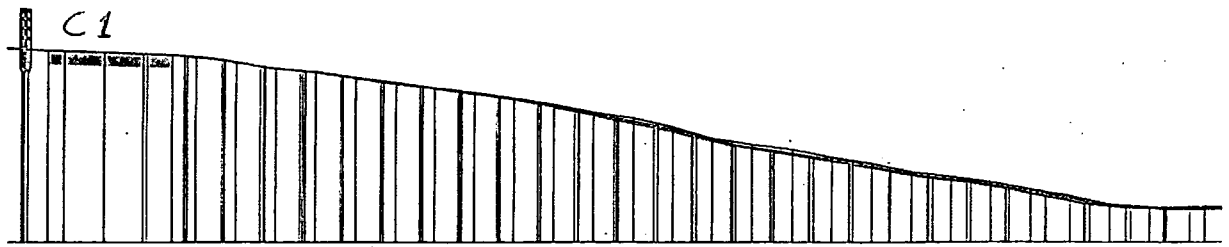
	van Alsteinpolder			Koningin Emmapolder		
	04-04-2000	13-02-2001	13-03-02	04-04-2000	13-02-2001	13-03-02
Macrohomogeniteit						
Aantal molshopen	< 5	< 5	< 5 (2)	< 5	5-50 (27)	5-50 (23)
Open plekken/paden	< 20 (4%)	< 20 (4%)	< 20 (4%)	< 20 (4%)	< 20 (4%)	< 20 (4%)
oneffenheden (m/m)	< 0,08 (vlak)	vlak	vlak	< 0,08 (vlak)	vlak	vlak
bedekking geschat	< 50 %	> 85%	> 85%	< 50 %	> 85%	> 85%
Bedekking geschat						
totale vegetatie	25 %	98 %	95 %	35 %	95 %	95 %
door kruiden	5 %	-	5 %	1 %	-	5 %
door grassen	95 %	95 %	90 %	99 %	95%	90 %
door mos	0 %	3 %	0 %	0 %	-	0 %
Afstanden spruiten						
klasse 1 (raken)	22 %	57 %	44 %	41 %	49 %	66 %
klasse 2 (<1,2 cm)	36 %	31 %	41 %	35 %	38 %	29 %
klasse 3 (<2,5 cm)	27 %	12 %	13 %	16 %	10 %	5 %
klasse 4 (>2,5 cm)	15 %	0 %	2 %	8 %	3 %	0 %
Doorworteling score						
diepte 0 - 2,5 cm	3,25	5,00	4,75	4,50	4,50	4,50
diepte 2,5 - 5 cm	2,75	4,00	3,50	3,25	4,00	3,75
diepte 5 - 7,5 cm	2,25	3,75	3,00	2,75	3,50	3,50
diepte 7,5 - 10 cm	1,75	3,00	2,75	2,50	3,50	3,00
diepte 10 - 12,5 cm	1,25	2,75	2,00	3,00	3,00	2,50
diepte 12,5 - 15 cm	2,00	3,00	2,25	2,25	3,25	2,75
diepte 15 - 17,5 cm	1,50	3,00	2,25	2,00	3,00	2,50
diepte 17,5 - 20 cm	1,50	2,50	2,25	2,00	2,75	1,75

BIJLAGE 5.2.

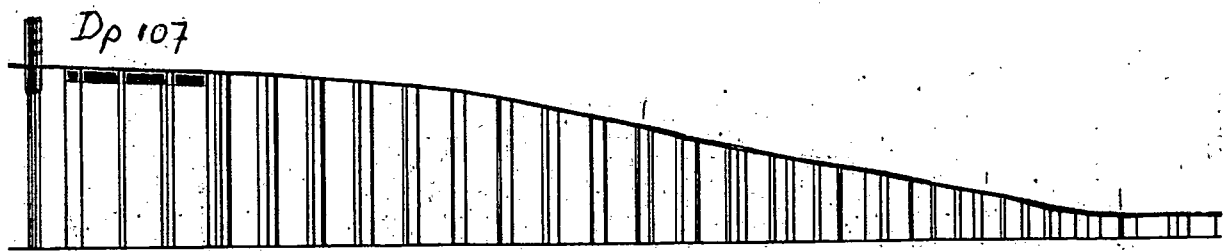
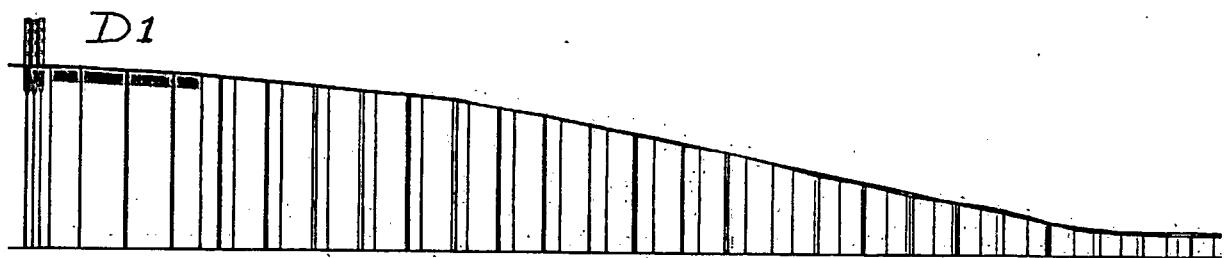
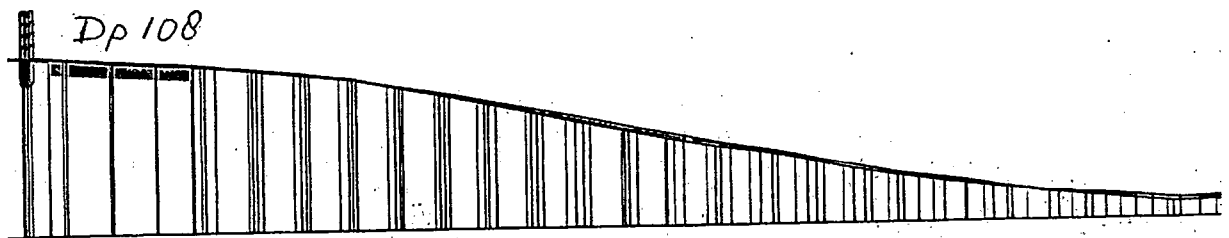
Dwarsprofielen monitoring.

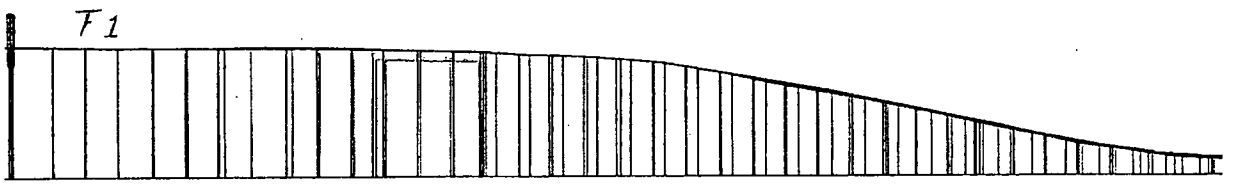
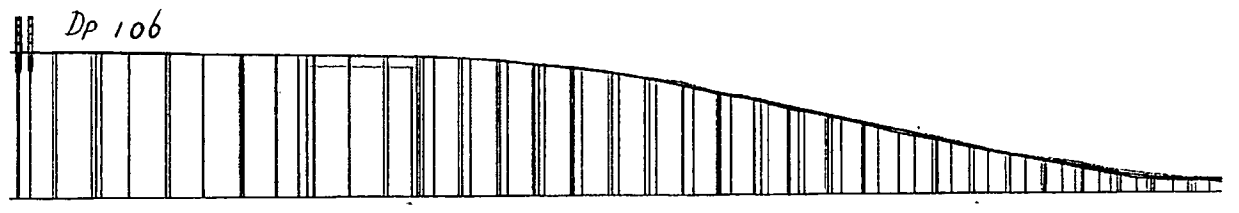
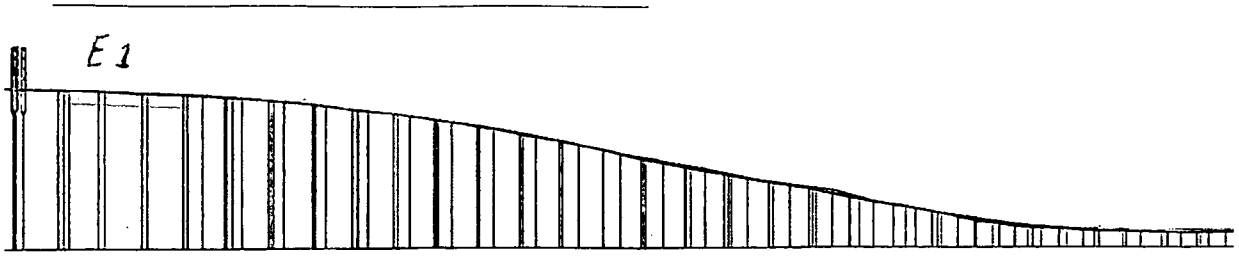
Van Alsteinpolder.





Koningin Emmapolder.





BIJLAGE 5.3.

Waterstanden \geq NAP+3,50 m.

Waterstanden t.p.v. dijkvakken hoger of gelijk aan NAP+3,50 m.

Waterstand t.p.v. dijkvakken ligt circa 0,10 m lager dan te Bath. Gegevens meetstation Bath betrokken van DONAR. Meetstation Baalhoek ligt min of meer op dezelfde hoogte als de dijkvakken, maar is regelmatig buiten bedrijf. Vet gedrukt waterstand hoger of gelijk aan NAP+4,00 m.

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
28-09-1999, 17:10	3,66	3,56	3,55 (17:00)	
26-10-1999, 16:00	3,62	3,52	3,52 (16:00)	
06-11-1999, 14:20	3,90	3,80	3,84 (14:20)	
07-11-1999, 02:40	3,68	3,58	3,60 (02:30)	
27-11-1999, 18:10	3,61	3,51	buiten bedrijf	
04-12-1999, 00:30	3,82	3,72	buiten bedrijf	
12-12-1999, 17:40	3,62	3,52	3,56 (17:40)	
25-12-1999, 16:50	3,86	3,76	3,74 (16:50)	
26-12-1999, 17:40	3,81	3,71	3,72 (17:40)	
27-12-1999, 06:20	3,70	3,60	3,59 (06:00)	
22-01-2000, 16:20	4,13	4,03	buiten bedrijf	+3,27 (15:00)
08-02-2000, 17:10	3,82	3,72	3,69 (17:10)	
09-02-2000, 05:30	3,92	3,82	3,80 (05:30)	
09-02-2000, 17:50	3,75	3,65	3,67 (17:50)	
19-02-2000, 15:20	3,68	3,58	3,61 (15:10)	
09-03-2000, 05:10	3,65	3,55	3,55 (05:00)	
04-04-2000, 15:30	3,72	3,62	3,63 (15:30)	

Tabel 1. Periode 01-09-1999 (aanleg) tot 01-05-2000.

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
16-09-2000, 17:00	+3,67	+3,57	+3,66 (16:50)	
16-10-2000, 17:00	+3,69	+3,59	+3,53 (16:50)	
12-12-2000, 03:20	+3,69	+3,59	+3,59 (03:10)	
13-12-2000, 16:20	+3,87	+3,77	+3,78 (16:20)	
14-12-2000, 04:50	+3,72	+3,62	buitenbedrijf	
14-12-2000, 17:20	+3,79	+3,69	+3,69 (17:10)	
15-12-2000, 05:50	+3,82	+3,72	+3,72 (05:40)	
15-12-2000, 18:10	+3,98	+3,88	+3,89 (18:00)	+3,18 (16:50)
08-02-2001, 15:20	+3,84	+3,74	buitenbedrijf	
12-02-2001, 18:20	+3,78	+3,68	buitenbedrijf	
10-03-2001, 15:50	+3,86	+3,76	buitenbedrijf	
11-03-2001, 16:40	+3,81	+3,71	buitenbedrijf	
12-03-2001, 05:00	+3,78	+3,68	buitenbedrijf	
12-03-2001, 17:20	+3,61	+3,51	buitenbedrijf	
13-03-2001, 05:40	+3,60	+3,50	buitenbedrijf	
13-03-2001, 18:00	+3,80	+3,70	buitenbedrijf	

Tabel 2. Periode 01-05-2000 tot 01-05-2001

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
04-09-2001, 16:30	+3,70	+3,60		
19-09-2001, 04:20	+3,74	+3,64		
19-09-2001, 16:40	+3,88	+3,78		
20-09-2001, 05:00	+3,77	+3,67		
20-09-2001, 17:20	+3,62	+3,52		
21-09-2001, 05:50	+3,66	+3,56		
31-10-2001, 14:50	+3,68	+3,58		
01-11-2001, 03:20	+3,82	+3,72		
28-01-2002, 14:50	+3,61	+3,51		
29-01-2002, 15:30	+3,67	+3,57		
31-01-2002, 04:40	+3,62	+3,52		
31-01-2002, 17:00	+3,75	+3,65		
26-02-2002, 14:20	+3,80	+3,70		
27-02-2002, 02:40	+3,73	+3,73		
27-02-2002, 15:10	+3,86	+3,76		
28-02-2002, 03:40	+3,69	+3,59		
28-02-2002, 16:00	+3,98	+3,88		
01-03-2002, 04:30	+3,71	+3,61		
01-03-2002, 16:50	+3,75	+3,65		
02-03-2002, 17:50	+3,70	+3,60		
27-04-2002, 03:00	+4,00	+3,90		+3,10 (01:40)
27-04-2002, 15:20	+3,95	+3,85		+3,10 (14:00)
28-04-2002, 16:00	+3,65	+3,55		
29-04-2002, 04:20	+3,90	+3,80		
29-04-2002, 16:40	+3,88	+3,78		

Tabel 3. Periode 01-05-2001 tot 01-05-2002

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
06-10-2002, 02:50	+3,70	+3,60		
23-10-2002, 16:20	+3,75	+3,65		
26-10-2002, 05:30	+3,76	+3,66		
27-10-2002, 18:40	+3,78	+3,68		
05-11-2002, 03:00	+3,61	+3,51		
07-11-2002, 04:20	+4,05	+3,95		+3,25 (03:00)
07-11-2002, 16:50	+3,89	+3,79		
02-01-2003, 14:50	+3,60	+3,50		
03-01-2003, 03:00	+3,66	+3,56		
03-02-2003, 16:50	+3,71	+3,61		
04-02-2003, 17:40	+3,82	+3,72		
02-04-2003, 03:40	+3,81	+3,71		
02-04-2003, 16:10	+3,89	+3,79		

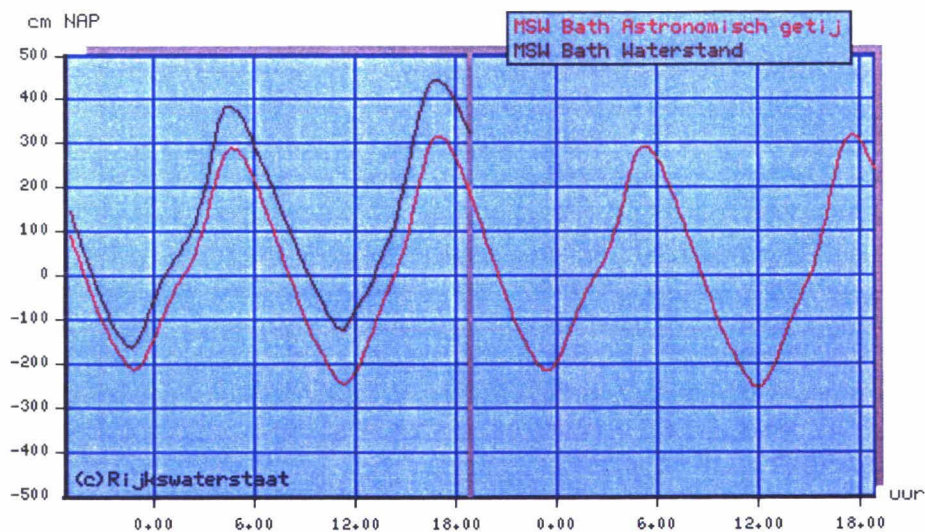
Tabel 4. Periode 01-05-2002 tot 01-05-2003

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
29-09-2003, 05:00	+3,65	+3,55		
08-10-2003, 02:00	+3,63	+3,53		
09-10-2003, 02:40	+3,89	+3,79		
26-10-2003, 03:10	+3,65	+3,55		
21-12-2003, 13:20	+4,06	+3,96		
22-12-2003, 01:50	+3,94	+3,84		
24-01-2004, 17:10	+3,60	+3,50		
07-02-2004, 16:10	+3,64	+3,54		
08-02-2004, 04:30	+3,86	+3,76		
08-02-2004, 16:50	+4,45	+4,35		+3,38 (15:30)
09-02-2004, 05:10	+3,83	+3,73		
22-02-2004, 17:00	+3,85	+3,75		
21-03-2004, 15:50	+3,91	+3,81		
06-04-2004, 03:40	+3,70	+3,60		

Op 08-02-2004 is o.a. voor Vlissingen een stormvloed waarschuwing afgegeven. De verwachting om 11:40 h was dat het hoogwater op 08-02-2004 om 15:30 een peil zou bereiken van NAP+3,50 m (meer dan een meter verhoging).

De verhoging t.o.v. het astronomisch getij te Bath bedroeg circa 1,2 à 1,3 m.

Tabel 5. Periode 01-05-2003 tot 01-05-2004



Waterstand 08-02-2004 te Bath

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
08-05-2004, 05:20	+3,72	+3,62		
31-08-2004, 04:00	+3,75	+3,65		
13-11-2004, 03:20	+4,08	+3,98		
17-12-2004, 19:40	+3,76	+3,66		
28-12-2004, 16:30	+3,78	+3,68		
13-01-2005, 05:10	+3,89	+3,79		
13-01-2005, 17:30	+3,64	+3,54		
10-02-2005, 16:30	+3,96	+3,86		
12-02-2005, 17:50	+4,19	+4,09		+3,17 (16:30)
13-02-2005, 06:10	+4,25	+4,15		+3,34 (04:50)
13-02-2005, 18:50	+4,04	+3,94		
14-02-2005, 19:30	+3,62	+3,52		
11-03-2005, 16:10	+4,06	+3,96		+3,28 (14:30)
12-03-2005, 04:30	+3,78	+3,68		
12-03-2005, 16:50	+3,98	+3,88		
08-04-2005, 15:20	+3,81	+3,71		
09-04-2005, 03:40	+3,61	+3,51		

Tabel 6. Periode 01-05-2004 tot 01-05-2005

Datum en tijd	Waterstanden t.o.v. NAP			
	Bath	Dijkvakken	Baalhoek	Vlissingen
16-12-2005, 15:50	+4,04	+3,94		+3,28 (14:30)
17-12-2005, 04:10	+3,69	+3,59		
17-12-2005, 16:30	+3,81	+3,71		
28-02-2006, 15:50	+4,03	+3,93		
01-03-2006, 04:10	+3,77	+3,67		
01-03-2006, 16:20	+3,86	+3,76		
02-03-2006, 17:10	+3,65	+3,55		
29-03-2006, 15:20	+3,64	+3,54		
30-03-2006, 15:50	+3,66	+3,56		
31-03-2006, 04:10	+3,77	+3,67		
31-03-2006, 16:30	+3,74	+3,64		

Tabel 7. Periode 01-05-2005 tot 01-04-2006

BIJLAGE 5.4.

Flora inventarisaties.

Flora inventarisaties.

Voordat op beide dijkvakken de bestaande bekleding werd vervangen voor een kleidek, is door RIKZ op 10 juni 1999 geïnventariseerd welke plantensoorten er op dat moment voorkwamen. De grasbermen en het bovenste deel van het talud in beide dijkvakken waren toen al gemaaid. Consequentie hiervan was dat de bermen buiten beschouwing zijn gebleven en in de Van Alsteinpolder alleen het onderste deel van het talud en het schor kon worden geïnventariseerd. Voor het vak in de Koningin Emmapolder waar het gehele talud was gemaaid, kon alleen een globale inventarisatie worden uitgevoerd. Het schor in de Koningin Emmapolder waar een dik veekpakket lag, werd eveneens in de inventarisatie meegenomen. De mate van voorkomen is zoveel mogelijk gecodeerd volgens de methode Transley en Chip. De flora-inventarisatie is op 26 augustus 1999 door RIKZ¹² gerapporteerd.

Nadat beide dijkvakken gereed waren gekomen zijn de taluds in oktober 1999 ingezaaid met een natuurdijkmengsel, bestaande uit; Engels raaigras (25%), Veldbeemdgras (20%), Rood zwenkgras (50%) en Struisgras (5%). Na het inzaaien met circa 125 kg/ha is het talud geëgd. De inventarisaties in de jaren na aanleg zijn door de Directie Zeeland uitgevoerd, volgens de methode Transley. De Tansley methode is vanwege het kleine aantal categorieën een eenvoudige en snelle methode. Desondanks zijn in de rapportages van de Directie Zeeland de grensgevallen aangeduid met bijvoorbeeld 'r/o'. Deze codering maakt het voor een leek niet eenvoudig om snel inzicht te krijgen in een eventuele toe- of afname van bepaalde soorten. Daarom is de codering volgens de Tansley-methode evenals de grensgevallen vertaald naar een cijfer, waarbij grensgevallen een tussenliggend cijfer krijgen, zie tabel 5.4.1.

Methode Tansley en Chip		Cijfer
d = dominant	overheersend in aantal of bedekking	9
a = abundant	grotere aantallen en/of bedekking	7
f = frequent	komt regelmatig voor	5
o = occasional	meerdere exemplaren, bescheiden aandeel	3
r = rare	1 of 2 exemplaren en kleine bedekking	1

Tabel 5.4.1. Vertaling van de methode Tansley naar een cijfer.

Hieronder volgt een korte samenvatting van de belangrijkste bevindingen welke tijdens de inventarisaties zijn opgedaan. Vervolgens zijn in de tabellen 5.4.2 en 5.4.3 van beide dijkvakken de aangetroffen soorten zowel voor als na aanleg vermeld.

1^o jaar na aanleg.

De flora-inventarisatie is op 25 en 26 mei 2000 door de Directie Zeeland uitgevoerd. Deze inventarisatie is eveneens volgens de methode Transley uitgevoerd. Volgens het verslag van de Directie Zeeland¹³ is bij deze inventarisatie het volgende opgevallen:

- In het dijkvak **van Alsteinpolder** kwam op het talud tot een hoogte van circa NAP+4,80 m Heen of Zeebies voor, hetgeen waarschijnlijk tengevolge is van opslag uit de hergebruikte toplaag. Ook opvallend is de spaarzaam begroeide onderberm, waarin Spiesmelde door zijn grootte opvallend aanwezig is. Het ingezaaide talud wordt gedomineerd door het Engels raaigras gevolgd door Roodzwenkgras, terwijl Veldbeemdgras veel minder voorkomt en het Struisgras sporadisch.
- In het dijkvak **Koningin Emmapolder** is een totaal andere situatie aangetroffen. Het voorland is hier bedekt met een dik pakket veek, wat dominant begroeid is met Spiesmelde

¹² Memo RIKZ (A. van der Pluijm) van 26 augustus 1999 m.b.t. flora-inventarisatie van twee dijkvakken bij Saeftinghe.

¹³ Flora-inventarisatie proefvakken kleidijk Van Alsteinpolder en Kon.Emmapolder, zie brief d.d. 22 november 2000 met kenmerk 201209 van de Directie Zeeland.

en Strandkweek. Op het onderste deel van het talud komen diverse zoutplanten en kweldergras voor. Op het ingezaaide talud domineert weer het Engels raaigras, gevolgd door het Veldbeemdgras. Roodzwenkgras is hier minder aanwezig dan in het dijkvak van Alsteinpolder en het Struisgras is vergelijkbaar in bedekking. Hoger op het talud valt de aanwezigheid van het Kruiptertje op.

2^e jaar na aanleg.

De flora-inventarisatie is op 6 en 7 juni 2001 (in het rapport wordt abusievelijk 6 en 7 juli genoemd) eveneens door de Directie Zeeland en overeenkomstig het voorgaande jaar uitgevoerd. Volgens het verslag van de Directie Zeeland¹⁴ is bij deze inventarisatie het volgende opgevallen (nagenoeg letterlijke tekst hier vermeld):

- In het dijkvak van **Alsteinpolder** verandert de schorvegetatie niet veel. Het heeft een gesloten vegetatiedek en identieke omstandigheden. De vergraven onderberm is gekoloniseerd door zoutplanten uit het schor. In de onderste strook van het ingezaaide talud, breed 12 m, kan de zoutplant 'Heen' zich nog handhaven in de onderste 8 m. Op het totaal oppervlak van onder en boven talud zijn de pioniersplanten op hun retour en domineren de ingezaaide grassen. Vooral het 'Rood zwenkgras' is duidelijk te zien.
- In het dijkvak **Koningin Emmapolder** is de situatie totaal veranderd ten opzichte van vorig jaar. Vorig jaar was de veekbedekking in het voorland (schor) overwegend begroeid met Spiesmelde, nu domineert de Krulzuring. De taludstrook onderin herbergt nog veel ruderaal soorten en weinig zoutplanten. Op het talud domineren twee van de vier grassoorten, waarvan 'Rood zwenkgras' het meest. Verder komen nog veel pionierplanten voor.

3^e jaar na aanleg.

De flora-inventarisatie is op 17 en 24 juni 2002 door de Directie Zeeland uitgevoerd. Als enige verandering t.o.v. vorig jaar is het in tweeën delen van het talud in de Emmapolder, zodat dit jaar evenals in de Alsteinpolder een talud-onder en een talud-boven is beschouwd. In de rapportage van de Directie Zeeland¹⁵ zijn de volgende opmerkingen gemaakt:

- In het dijkvak van **Alsteinpolder** t.p.v. het schor is in voorgaande jaren abusievelijk Fiongras aangezien voor Rietgras. Dit is in tabel 5.4.1 gecorrigeerd. De genoemde reden voor deze misvatting is dat de voorgaande jaren geen bloeiende exemplaren werden aangetroffen. De vergraven onderberm herbergt nu dezelfde schorplanten in iets mindere bedekking. Heen is net als t.p.v. het schor de dominante soort. In de onderste strook van het ingezaaide talud domineren de ingezaaide grassen. De begeleidende- en pionierplanten brengen het vaak niet verder dan enkele exemplaren. Klaversoorten en Paardebloemen komen wel frequent voor. Heen handhaaft zich goed in de onderste 7 m hoewel het eigenlijk weinig bedekt. Het rood Zwenkgras is van de ingezaaide grassen het meest opvallend. In het bovenste deel van het talud domineren de vier ingezaaide grassen. Het Veldbeemdgras, Zachte Dravik en Kropaar komen er bekaaid van af.
- In het dijkvak **Koningin Emmapolder** is t.p.v. het voorland Krulzuring en Heen mede door hun grootte beeldbepalend. In vergelijking met voorgaand jaar is nu Heen in opmars. Onderin het talud komen deze twee soorten eveneens voor maar dan in lagere bedekking en worden direct vergezeld van Strandkweek, Fiongras en Rood Zwenkgras. Het Rood Zwenkgras koloniseert waarschijnlijk vanuit het ingezaaide talud. In tegenstelling tot vorig jaar is het talud dit jaar ingedeeld in twee zones, namelijk zone a van 7 m breed laag op het talud en zone b van 6 m breed hoger op het talud. In zone a wordt gedomineerd door

¹⁴ Flora-inventarisatie proefvakken kleidijk Van Alsteinpolder en Kon.Emmapolder, Meetinformatiedienst Zeeland, november 2001.

¹⁵ Flora-inventarisatie proefvakken kleidijk Van Alsteinpolder en Kon.Emmapolder, Meetinformatiedienst Zeeland, notitie nr. ZLMD-02.N.012, november 2002.

Roodzwenkgras en zone b door Engels Raaigras. Daarnaast wordt in zone a grote horsten Gevlekte Rupsklaver aangetroffen. Opvallend zijn verder de plukken Smalbladige wikke.

In onderstaande tabellen zijn alle soorten en de mate van voorkomen per dijkvak opgenomen welke in de periode van voor de aanleg tot en met het 3^e jaar na aanleg zijn aangetroffen.

Van Alsteinpolder	Voor aanleg juni 1999		1 ^o jaar na aanleg mei 2000				2 ^o jaar na aanleg juni 2001				3 ^o jaar na aanleg juni 2002			
	schor	tal (o)	schor	teen	tal (o)	tal (b)	schor	teen	tal (o)	tal (b)	schor	teen	tal (o)	tal (b)
Akkerdistel		3		1	1	1			1	1			3	4
Akkermelkdistel				1										
Blaartr. boterbloem				1	1									
Echte kamille						1								
Engels raaigras					9	9			7	7		1	6	7
Engels slijkgras	3													
Fioringras	4	1	4	3	5	5	4	3	4	2	5	5	4	
Fluitekruid													1	1
Geknikte vossesstaart					2				1	1			1	
Gekroesde melkdistel		1												
Gele honingklaver														1
Gerande schijnsparrie								3				1		
Gestreepte witbol													1	
Gevlekte rupsklaver						2				1			1	1
Gewone hoornbloem					1	1			3	3				1
Gewone melkdistel						2							3	1
Gewone raket					1	1								
Gewone reigersbek					1	1								
Gewoon kweldergras	4/5		5	5	1		6	7			6	5		
Gewoon struisgras					4	3			5	7			5	7
Glanshaver									1	1			1	
Grote brandnetel													1	
Grote vossesstaart						1								
Grote weegbree		1												
Heelblaadjes													1	
Herderstasje					3	6								
Klein kruiskruid					1	1								
Kleine klaver					1				3	3			5	5
Kleine ooievaarsbek						1								
Kleine varkenskers						1								
Kompassla					1	1								
Koolzaad						1								
Kropaar										1			1	1
Kruipende boterbloem									1	1			1	1
Kruipertje					2	4			1	1				
Krulzuring										2			1	4
Kweek					1				3	1			3	1
Madelief									1	1			1	1
Melkkruid			1	1			1	1			1	1		
Nopjeswier											5			
Paardebloem		1			4	2			4	5			5	5

Van Alsteinpolder	Voor aanleg juni 1999		1° jaar na aanleg mei 2000				2° jaar na aanleg juni 2001				3° jaar na aanleg juni 2002			
	schor	tal (o)	schor	teen	tal (o)	tal (b)	schor	teen	tal (o)	tal (b)	schor	teen	tal (o)	tal (b)
Peen					1			1	1			1		
Reukloze kamille					1	1						1	1	
Riet	3		3	1			3	2			7	5	1	
Rietgras	-													
Rode klaver										1				
Rood zwenkgras	3/2	5	2	1	6	6	3	3	8	9	4	5	9	8
Ruw beemdgras		3												
Schijnspurrie			1	1										
Schorrekruid				1										
Schorrezoutgras	7	1	8	1			7	6			7	6		
Slipbladige ooievaarsbek													1	
Speerdistel									1	1			1	1
Spiesmelde	3/1	3	4	3	3	1	5	3			5	3		
Strandkweek	3	7	4	1			3	1	1		3	5	1	1
Strandmelde				1										
Tarwe						1							1	
Varkensgras		2		1	1	3	1							
Veld beemdgras		1			3	3			3	1			5	3
Veldereprijs					1	1								
Viltige basterdwederik						3								
Violtje						1								
Vogelmuur					4	5								
Witte klaver					3	1			1	3			4	5
Zachte dravik		1			2	1			3	3			3	3
Zachte haver													1	1
Zachte ooievaarsbek					1	1								
Zeeaster / Zulte	3	1	3	2	1		4	3			4	1		
Zeebies / Heen	7/5	2	8	4	6	5	9	6	5	1	9	8	5	
Zeekraal							1				2	1		
Zeemelkdistel		1			2									
Zeeweegbree	1		1	1			3	3			3	1		
Zilte schijnspurrie							4				3			

Koningin Emmapolder	Voor aanleg juni 1999		1° jaar na aanleg mei 2000			2° jaar na aanleg juni 2001			3° jaar na aanleg juni 2002				
	schor	talud	schor	teen	talud	schor	teen	talud	schor	teen	tal (o)	tal (b)	
Aardbeiklaver				1	1								
Akker ereprijs												1	
Akkerdistel	5	X	1	2	2	5	3	2	5	5	3	3	
Akkermelkdistel							1		2	5			
Bitterzoet									1				
Blaatr. boterbloem			1		1	1							
Echt lepelblad						1							
Echte kamille					2						1	1	
Engels lepelblad			1										
Engels raagrass			3	3	7		2	3	1	3	5	8	

Koningin Emmapolder	Voor aanleg juni 1999		1° jaar na aanleg mei 2000			2° jaar na aanleg juni 2001			3° jaar na aanleg juni 2002			
	schor	talud	schor	teen	talud	schor	teen	talud	schor	teen	tal (o)	tal (b)
Fioringras			6	3	3	4	6	3	7	8	5	5
Geknikte vossestaart					1							
Gekroesde melkdistel										5	3	3
Gele honingklaver					1							
Gevlekte rupsklaver					1		1	3		5	8	7
Gewone hoornbloem					1		1	3		3	3	3
Gewone melkdistel			1			3	3		5	5	1	
Gewone raket					2							
Gewoon kweldergras			4	2								
Gewoon struisgras				3	3			1			6	5
Glanshaver						1	3	3		3	5	5
Goudzuring									1			
Grote brandnetel		X							1	1		
Grote weegbree						1	1		1			1
Haagwinde						2	1		5	3		
Harig wilgenroosje										1		
Herderstasje					5							1
Herik												1
Hopklaver					1							
Italiaans raaigras					1							
Kaasjeskruid							1					
Kleefkruid				1	1				1			
Klein kruiskruid							1					
Klein streepzaad					1							
Kleine klaver								2		1	5	5
Knopig doornzaad					1							
Kompassla					1		3	3	4	5	1	
Kropaar		X			1			1			3	3
Kruipende boterbloem							2	3		3	3	3
Kruipertje				1	5			1				
Krulzuring			4	2	3	9	7	1	7	5	1	1
Kweek		X	1		3						5	3
Margriet										1		
Melkganzevoet												1
Melkkruid			1	1					1			
Paardebloem			1	4	3	2	3	5	3	5	5	3
Reukloze kamille			1	1		1				1		
Riet			1			1			1			
Rode klaver								1			3	3
Rolklaver											1	1
Rood zwenkgras			2	1	2	1	7	9	3	6	9	7
Ruw beemdgras		X				1	3	1	5	5	5	5
Scherpe boterbloem			1									3
Slipbladige ooievaarsbek							3	1		3	3	3
Smalbladige wikke							1	1			6	6
Speerdistel					1							

Koningin Emmapolder	Voor aanleg juni 1999		1° jaar na aanleg mei 2000			2° jaar na aanleg juni 2001			3° jaar na aanleg juni 2002			
	schor	talud	schor	teen	talud	schor	teen	talud	schor	teen	tal (o)	tal (b)
Spiesmelde	3	X	9	9	1	5	3		3			
Strandkweek		X	8	2	1	7	7	1	7	6	3	1
Strandmelde			3	3								
Valse voszegge									1			
Varkensgras		X									1	1
Veld beemdgras				3	5	1	5	6		5	3	5
Vierzadige wikke											3	1
Vogelmuur				3								
Wilde peen												1
Witte klaver					2		3	5		3	5	5
Zachte dravik					1		1	4			1	3
Zachte ooievaarsbek					1		1				1	
Zeeaster / Zulte			3	2		1			1			
Zeebies / Heen	1	X	3	2	1	4	1	1	7	3	3	
Zeemelkdistel		X	2	1			3					
Zeeweegbree			1	1								
Zilte rus						1			1			
Zilverschoon		X	3	1		4	4		5	5	1	