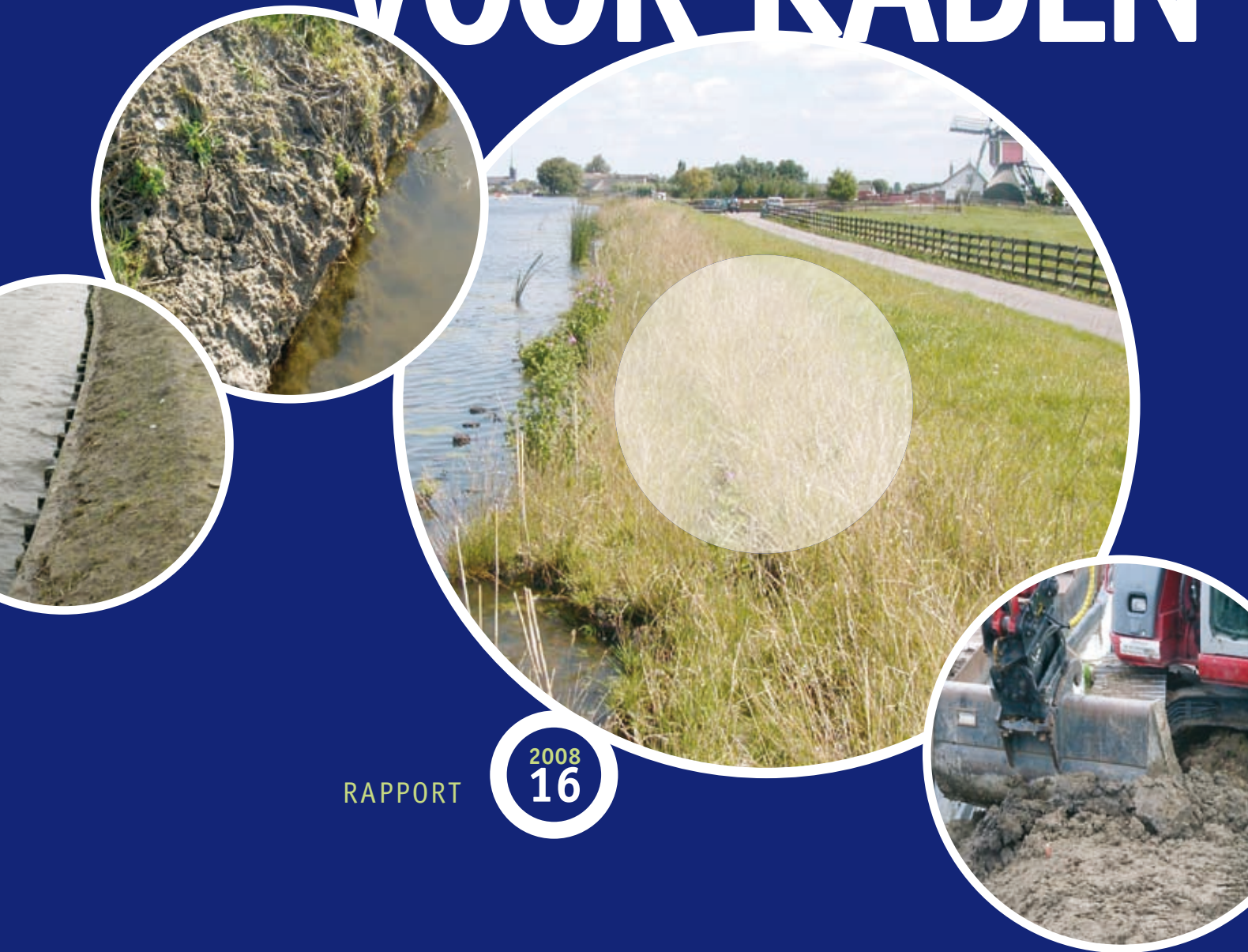


# GROND VOOR KADEN



RAPPORT

2008  
16

GROND VOOR KADEN

MONITORING PROEFVAKKEN OP DE KLEIKADE EN DOESPOLDERKADE

RAPPORT

2008

16

ISBN 978.90.5773.410.6



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht 2008

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ing. G.L. van Hiele (voorzitter), Waterschap Rivierenland  
ing. J.G. Bastiaans, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
Drs. G.A.M. Kruse, Deltares (voorheen Geodelft)  
Ing. F. Sijsma, Wetterskip Fryslân  
Ing. J. Stoop, Hoogheemraadschap van Rijnland  
Ing. H. de Waal, BSP  
Ir. L.R. Wentholt, STOWA

## UITVOERDERS

Grontmij Nederland B.V.  
Ing. R. Muntjewerff (projectleider)  
Ir. J.G.A Reijerink  
Dhr. R. Prakken

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2008-16  
ISBN 978.90.5773.410.6

# TEN GELEIDE

De resultaten van het onderzoek Grond voor kaden, waarover november 2002 gerapporteerd is in de STOWA rapporten Grond voor kaden, hoofdrapport 2002-38 met bijlagenrapport 2002-W04, zijn de aanleiding geweest voor het opzetten van een praktijkproef, met het doel de bevindingen te verifiëren en de geformuleerde richtlijnen aan te scherpen op basis van een meerjarige toetsing in de praktijk.

Er is gekozen voor inrichting van verschillende proefvakken op de Kleikade en de Doespolderkade, kaden in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland met respectievelijk een lage en een hoge hydraulische belasting. Gedurende een periode van drie jaar zijn de ontwikkelingen met regelmaat gevolgd. Daarbij is vooral ingezoomd op de ontwikkelingen ter plaatse van de vooroever (indien aanwezig) en het buitentalud van de kaden. Met als doel een antwoord te vinden op de vraag wat de optimale samenstelling is voor de in de boezemkaden te verwerken grond.

Het doel van de monitoring van de voorliggende pilots is:

*Het op basis van praktijkervaringen en praktijkproeven verifiëren van de fysische kwaliteitseisen voor grond voor toepassing in permanent kerende boezemkaden, in samenhang met de hydraulische belasting op de kaden en het al dan niet toepassen van een oeververdediging.*

Er is vooral ingezoomd op de ontwikkelingen ter plaatse van de vooroever (indien aanwezig) en het buitentalud van de kaden. Er zijn gedetailleerde opnamen gemaakt van de veranderingen in het kadeprofiel rond de waterlijn en de in de taluds te onderkennen bodemfysische processen.

Gebaseerd op de belastingsituatie en het ontwerp van het kadeprofiel zijn verschillende typen boezemkaden te onderscheiden. Per type kade zijn de karakteristieke kenmerken en de specifieke richtlijnen voor het al dan niet toepassen van erosiebestendige klei in relatie met een bepaald type oeververdediging vastgesteld. Algemene te hanteren richtlijnen zijn te bepalen op basis van de in het rapport beschreven diagrammen en tabellen. Tevens worden een aantal algemeen georiënteerde aanbevelingen beschreven.

Utrecht, november 2008

de directeur van de STOWA  
Ir. J.M.J. Leenen

# SAMENVATTING

## 1 AANLEIDING EN DOELSTELLING

Permanent waterkerende boezemkaden vervullen een belangrijke functie bij het in stand houden van het boezempeil en het beschermen van het lager gelegen achterland tegen overstroming. Vanwege zetting, inklinking en/of beschadigingen is onderhoud van de grondlichamen noodzakelijk. Met een zekere regelmaat moeten de kaden worden opgehoogd of aangevuld met grond. Er bestaan echter geen fysische kwaliteitseisen voor grond bestemd voor verwerking in boezemkaden.

Met het doel een antwoord te vinden op de vraag wat de optimale samenstelling is voor de in de boezemkaden te verwerken grond, is in eerste instantie een praktijkonderzoek uitgevoerd, waarvan in 2002 de resultaten zijn gepubliceerd. De onderzoeksresultaten zijn de aanleiding geweest voor het opzetten van een praktijkproef, met het doel de bevindingen te verifiëren en de geformuleerde richt-lijnen aan te scherpen op basis van een meerjarige toetsing in de praktijk.

De doelstelling van praktijkproef is:

*Het op basis van praktijkervaringen en praktijkproeven verifiëren van de fysische kwaliteitseisen voor grond voor toepassing in permanent kerende boezemkaden, in samenhang met de hydraulische belasting op de kaden en het al dan niet toepassen van een oeververdediging.*

## 2 WAARNEMINGEN EN ANALYSES

Er is gekozen voor inrichting van verschillende proefvakken op de Kleikade en de Doespolderkade, kaden met respectievelijk een lage en een hoge hydraulische belasting. Gedurende een periode van drie jaar zijn de ontwikkelingen met regelmaat gevolgd. Daarbij is vooral ingezoomd op de ontwikkelingen ter plaatse van de vooroever (indien aanwezig) en het buitentalud van de kaden. Er zijn gedetailleerde opnamen gemaakt van de veranderingen in het kadeprofiel rond de waterlijn en de in de taluds te onderkennen bodemfysische processen. Voor zowel de Kleikade als de Doespolderkade zijn de resultaten verwerkt in schematische overzichten en profielen.

## KLEIKADE

Zoals ook uit de onderstaande foto's blijkt, zijn duidelijke verschillen waargenomen tussen de opnamen in de tijd. In de vakken met erosiebestendige klei ontstaat eerst een steilrandje. Door verdere erosie ontstaat een holte rond de waterlijn. Wanneer deze voldoende groot is, zakt de overhangende grond in (nastort).

FIGUUR A

EROSIEVERSCHIJNSELEN VAK 1 KLEIKADE



SITUATIE SEPTEMBER 2004, KORT NA AANLEG

SITUATIE OKTOBER 2006

Minder erosiebestendige klei laat een meer geleidelijk verlopend erosieproces zien en slechts een geringe uitholling van het talud op de waterlijn. Aantasting van de taluds wordt welbe-  
duidend minder zodra er rond de waterlijn sprake is van een beschermende oevervegetatie.

Enkele bepalende aandachtspunten naar aanleiding van de beoordeling van de Kleikade, een laag belaste kade, zijn:

- er is geen significant verschil tussen toepassing van erosiebestendige en weinig erosiebestendige klei;
- de mate van aantasting (van nieuwe taluds) als gevolg van erosie is relatief beperkt;
- een (bestaande en te handhaven) vooroever biedt extra bescherming van het talud;
- na verloop van tijd kan er voor het talud een 'plasberm' ontstaan die in combinatie met een goede begroeiing het buitentalud kan beschermen;
- de vegetatie ontwikkelt zich beter als er gebruik wordt gemaakt van bovengrond (laagdikte 0,15 à 0,20 m);
- beweiding met grootvee kan aanzienlijke schade tot gevolg hebben.



### DOESPOLDERKADE

Ter plaatse van de proefvakken met een voorover is geconstateerd dat de meeste erosie plaatsvindt op de delen waar de betuining (dubbele palenrij met takkenbossen) zich op of onder de waterspiegel bevindt. Zodra de voorover vrijwel volledig is verdwenen, komt ook het buitentalud in de te gevarenzone te liggen.

FIGUUR B ONTWIKKELINGEN TE PLAATSE VAN DE VOOROVER DOESPOLDERKADE



DOESPOLDERKADE VAK 1



DOESPOLDERKADE VAK 4

Ter plaatse van de proefvakken met een betuining (bestaande uit een palenrij, plank en een tussengeklemd geotextiel) is, mede afhankelijk dichtheid van de vegetatie, op het buitentalud een geringe aantasting waarneembaar. Er is sprake van enige afvlakking van het talud aan de bovenzijde van de betuining. De minste aantasting is waargenomen in de vakken met erosiebestendige klei.

FIGUUR C ONTWIKKELINGEN TER PLAATSE VAN BUITENTALUD MET BETUINING DOESPOLDERKADE



VAK 7, WEINIG EROSIEBESTENDIGE KLEI



VAK 8, EROSIEBESTENDIGE KLEI

Bepalende factoren voor de mate van aantasting zijn de aanwezigheid en kwaliteit van een vooroever of betuining. De kwaliteit van de verwerkte klei speelt doorgaans een ondergeschikte rol bij de bescherming van het buitentalud van de kade.

Enkele voorname constatering naar aanleiding van de beoordeling van de Doespolderkade, een hoog belaste kade, zijn:

- een niet beschermde situatie (geen vooroever en geen betuining) is zeer kwetsbaar;
- de kwaliteit en hoogte van de betuining is bepalend voor de mate van aantasting van de vooroever en het buitentalud. Bij een betuining tot ruim boven de waterlijn is de schade beperkt en beheersbaar;
- de ontwikkeling van een dichte rietvegetatie ter plaatse van de vooroever het buitentalud beschermt;
- een snelle ontwikkeling van een gesloten vegetatie op het buitentalud van de kade zeer wenselijk is;
- de vegetatie ontwikkelt zich beter als er gebruik wordt gemaakt van bovengrond;
- zolang de vegetatie zich nog niet voldoende heeft kunnen ontwikkelen, biedt erosiebestendige klei extra bescherming tegen aantasting (erosie) van het talud.

### **3 AANBEVELINGEN VOOR EEN OPTIMAAL BEHEER VAN BOEZEMKADEN**

#### **FYSISCHE EISEN AAN KLEIGROND ZIJN ONDERGESCHIKT**

Gelet op de mate van aantasting van het buitentalud zijn de belastingsituatie, het type en de kwaliteit van de oeververdediging de bepalende schakels. De kwaliteit van de in de taluds verwerkte grond blijkt veelal een beperkte invloed te hebben op het schadebeeld. Bij toepassing van een goede oeververdediging kan, afhankelijk van de golfhoogte, op hoog belaste kaden zowel meer als minder erosiebestendige kleigrond worden toegepast. Ook in laag belaste situaties waar geen oeververdediging wordt geplaatst, kan vanwege een min of meer vergelijkbaar schadebeeld, zowel weinig erosiebestendige als erosiebestendige kleigrond worden verwerkt.

Gebaseerd op de belastingsituatie en het ontwerp van het kadeprofiel zijn verschillende typen boezemkaden te onderscheiden. Per type kade zijn de karakteristieke kenmerken en de specifieke richtlijnen voor het al dan niet toepassen van erosiebestendige klei in relatie met een bepaald type oeververdediging vastgesteld. De bijgevoegde diagram en tabel geven hiervoor een handvat.

#### **IN HOOG BELASTE SITUATIES ALTIJD EEN OEVERVERDEDIGING TOEPASSEN**

Uit de proef blijkt dat de kaden met een relatief hoge hydraulische belasting kwetsbaar zijn. De toepassing van alleen erosiebestendige klei, dus zonder beschermende voorzieningen, is niet afdoende om een snelle afkalving van het talud tegen te gaan. Daarom dient bij kaden met een hoge hydraulische belasting (invloed van golfwerking op het talud) te allen tijde een oeververdediging te worden aangebracht.

#### **IN LAAG BELASTE SITUATIES GEEN OEVERVERDEDIGING TOEPASSEN**

Zowel bij toepassing van erosiebestendige als weinig erosiebestendige klei is sprake van erosie van het buitentalud van laag belaste kaden. De schade blijft echter binnen acceptabele grenzen. Een goede vegetatieontwikkeling en de min of meer natuurlijke vorming van een vooroever biedt na verloop van tijd een voldoende bescherming. Het is daarom niet nodig om in laag belaste situaties een betuining te plaatsen.



### **SCHONE GERIJPTE BAGGERSPECIE BESTAANDE UIT KLEI, KAN IN BOEZEMKADEN WORDEN TOEGEPAST**

Gerijpte baggerspecie die aan de criteria voor erosiebestendige of weinig erosiebestendige klei voldoet, is te verwerken in de boezemkaden. Wel dient de grond vrij te zijn van vreemde bestanddelen en chemische verontreinigingen.

### **EEN TALUDHELLING VAN MAXIMAAL 1:5 AANHOUDEN**

De kwetsbaarheid van de kaden is kleiner indien het talud onder een helling van 1:5 of flauwer wordt afgewerkt. Een flauw afgewerkt talud biedt ook betere condities voor de ontwikkeling van een gesloten vegetatiedek.

### **EEN BESTAANDE VOOROEVER ALTIJD HANDHAVEN**

De ontwikkeling van een nieuwe oevervegetatie kost relatief veel tijd. Zeker omdat een kade in de eerste jaren na uitvoering van onderhoudswerkzaamheden het meest kwetsbaar is, verdient het de aanbeveling om bestaande oevervegetaties, hoe smal dan ook, te handhaven.

### **WERK DE KADE AF MET EEN CIRCA 0,20 M DIKKE LAAG BOVENGROND**

Om een snelle vegetatieontwikkeling mogelijk te maken, is het gewenst om de kaden af te werken met goed gerijpte bovengrond. Hiervoor kan ook gebruik worden gemaakt van de aanwezige bovenlaag.

### **KIES VOOR MAAIBEHEER OF BEWEIDING MET SCHAPEN**

Een gesloten vegetatie en dus een adequaat beheer van de vegetatie is van groot belang om erosie tegen te gaan. Vormen van goed beheer zijn het regelmatig maaien van de kaden of beweiding door schapen (na een jaar). Om vertrapping van het buitentalud te voorkomen wordt geadviseerd om op de kaden (buitentalud) geen beweiding met rundvee en paarden toe te staan. Regels voor beweiding met grootvee kunnen in alle gevallen in de Keur worden vastgelegd.

### **VOORKOM AANTASTING VAN HET KADEPROFIEL (BUITENTALUD) ALS GEVOLG VAN MAAIWERKZAAMHEDEN.**

Een van de aandachtspunten in het kader van beheer en onderhoud van de boezemkaden is de handhaving van de gewenste taludlijn. Verstoring van het profiel als gevolg uitvoering van onderhoudswerkzaamheden, zoals het ondergraven van het talud en beschadiging door maaiwerkzaamheden, moet worden voorkomen.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)



# GROND VOOR KADEN

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING PILOT GROND VOOR KADEN</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding en doelstelling	1
1.2	Achtergrond	1
1.3	Onderzoeksopzet	2
1.4	Resultaten praktijkonderzoek Grond voor Kaden (rapport 2002-38)	2
1.4.1	Aanleiding en doel praktijkonderzoek 2002	2
1.4.2	Onderzoeksresultaten	3
1.5	Ontwikkelingsprogramma regionale waterkeringen	4
1.6	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>INRICHTING PROEFVAKKEN KLEIKADE EN DOESPOLDERKADE</b>	<b>6</b>
2.1	Kleikade	6
2.1.1	Algemene beschrijving Kleikade	6
2.1.2	Bodemschematisatie Kleikade (oorspronkelijke situatie)	7
2.1.3	Kadeverbetering	8
2.1.4	Indeling proefvakken Kleikade	9
2.1.5	Uitvoering	9
2.2	Doespolderkade	10
2.2.1	Algemene beschrijving Doespolderkade	10
2.2.2	Bodemschematisatie Doespolderkade (oorspronkelijke situatie)	11
2.2.3	Kadeverbetering	12
2.2.4	Indeling proefvakken Doespolderkade	13
2.2.5	Uitvoering	14

<b>3</b>	<b>MONITORINGSPROGRAMMA</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	Algemeen	16
<b>3.2</b>	Inspectie grondverwerking (inrichting proefvakken)	16
<b>3.3</b>	Inspecties proefperiode	16
3.3.1	Ontwikkelingsperiode	16
3.3.2	Reguliere inspecties	16
3.3.3	Periodieke inspecties	17
3.3.4	Eindinspecties	17
<b>3.4</b>	Landmeetkundige opnamen	18
<b>3.5</b>	Vaarproef Doespolderkade	18
<b>4</b>	<b>WAARNEMINGEN</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	Algemeen	19
<b>4.2</b>	Kleikade	20
4.2.1	Visuele inspectie	20
4.2.2	Schetsen dwarsprofielen	22
4.2.3	Foto's	23
4.2.4	Grondwaterstanden	23
4.2.5	Landmeetkundige profielen	23
<b>4.3</b>	Doespolderkade	24
4.3.1	Visuele inspectie	24
4.3.2	Schetsen dwarsprofielen	26
4.3.3	Schetsen lengteprofielen van de vooroever	27
4.3.4	Foto's	28
4.3.5	Grondwaterstanden	29
4.3.6	Landmeetkundige profielen	29
4.3.7	Vaarproef Doespolderkade	29
<b>4.4</b>	Structuurontwikkeling	31
4.4.1	Erosiebestendige klei	31
4.4.2	Weinig erosiebestendige klei	32
<b>4.5</b>	Weergesteldheid 2004 - 2007	32
<b>5</b>	<b>ANALYSE ONDERZOEKSRESULTATEN</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b>	Algemeen	34
<b>5.2</b>	Analyse resultaten Kleikade	34
5.2.1	Totaaloverzicht	34
5.2.2	Uitvoering	35
5.2.3	Vegetatie	35
5.2.4	Buitentalud met vooroever	35
5.2.5	Buitentalud zonder vooroever	35
5.2.6	Kruin	36
5.2.7	Binnentalud	36
<b>5.3</b>	Analyse resultaten Doespolderkade	36
5.3.1	Totaaloverzicht	36
5.3.2	Uitvoering	37
5.3.3	Vegetatie	37
5.3.4	Betuining	37
5.3.5	Vooroever	38
5.3.6	Buitentalud	38
5.3.7	Kruin	39
5.3.8	Binnentalud	39



5.4	Eroderende processen	39
5.4.1	Talud met erosiebestendige klei	39
5.4.2	Talud met weinig erosiebestendige klei	40
6	BESCHOUWING ONDERZOEKSRESULTATEN	41
6.1	Uitvoeringsaspecten	41
6.2	Primaire processen en factoren	41
6.3	Secundaire factoren	42
6.4	Schade bepalende factoren	43
6.5	Eindoordeel monitoring boezemkaden	44
7	AANBEVELINGEN	46
7.1	Algemeen	46
7.2	Voorbereiding en uitvoering van kadewerkzaamheden	46
7.2.1	Uitvoeringsaspecten	46
7.2.2	Verdichting	47
7.2.3	Onderhoudsperiode	47
7.3	Richtlijnen voor uitvoering van herstelwerkzaamheden op boezemkaden	47
7.3.1	Fysische kwaliteit van grond	47
7.3.2	Oeververdediging	48
7.3.3	Typering boezemkaden en stroomdiagram	49
7.3.4	Kadeprofiel	51
7.3.5	Vegetatie	51
7.4	Beheer en onderhoud	52
7.4.1	Onderhoudsintensiteit	52
7.4.2	Aandachtspunten voor het beheer en onderhoud	52
	BIJLAGEN	
1	Beoordelingstabellen Kleikade	55
2	Beoordelingstabellen Doespolderkade	59
3	Kwaliteitrichtlijnen Klei voor Dijken	65
	CD-BIJLAGEN	
1.1	Locatie Kleikade	
1.2	Tabel en stroomdiagram Kleikade	
1.3	Opgenomen Kleikade	
1.4	Grondwaterstanden Kleikade	
1.5	Vegetatie Kleikade	
1.6	Profielschetsen Kleikade	
1.7	Fotoverslag Kleikade	
1.8	Landmeetkundige profielen Kleikade	
2.1	Locatie Doespolderkade	
2.2	Tabel en stroomdiagram Doespolderkade	
2.3	Opgenomen Doespolderkade	
2.4	Grondwaterstanden Doespolderkade	
2.5	Vegetatie Doespolderkade	
2.6	Profielschetsen Doespolderkade	
2.7	Fotoverslag Doespolderkade	
2.8	Landmeetkundige profielen Doespolderkade	
3	Structuurprofielen	
4	Klimaatgegevens 2004 – 2007	
5	Onderzoeksresultaten bodemvruchtbaarheid	



# 1

## INLEIDING PILOT GROND VOOR KADEN

### 1.1 AANLEIDING EN DOELSTELLING

In 2002 zijn de resultaten van het praktijkonderzoek 'Grond voor Kaden' - praktijkonderzoek naar de ontwikkeling van fysische kwaliteitseisen voor grond in boezemkaden - gepubliceerd. Deze resultaten zijn voor de begeleidingscommissie van dit onderzoek aanleiding geweest om de bevindingen in de praktijk te willen toetsen. Voor verificatie van de bevindingen en het aanscherpen van de richtlijnen was naar het oordeel van de begeleidingscommissie een meerjarige toetsing in de praktijk gewenst. In dit kader is er gekozen voor de inrichting van verschillende proeflocaties op een kade die onderhevig is aan een hoge hydraulische belasting (Doespolderkade) en een kade met een lage hydraulische belasting (Kleikade) en het monitoren van de ontwikkelingen gedurende een periode van drie jaar.

Op basis van de onderzoeksvraag is de doelstelling van de voorliggende pilotstudie als volgt te definiëren:

*Het op basis van praktijkervaringen en praktijkproeven verifiëren van de fysische kwaliteitseisen voor grond voor toepassing in permanent kerende boezemkaden, in samenhang met de hydraulische belasting op de kaden en het al dan niet toepassen van een oeververdediging.*

Aangezien de hydraulische belasting op de kade vooral van invloed is op het buitentalud, is bij de uitvoering van de pilot de aandacht primair uitgegaan naar het monitoren van de effecten in het buitentalud van de boezemkaden. Met nadruk is ingezoomd op de processen die zich rond de waterlijn afspelen.

### 1.2 ACHTERGROND

Permanent waterkerende boezemkaden vervullen een belangrijke functie bij het in stand houden van het boezempeil en het beschermen van het lager gelegen achterland tegen overstroming. Kenmerkend voor het merendeel van de boezemkaden is dat deze permanent worden belast met een vrijwel constante hoge waterstand. Een boezemkade kan derhalve worden beschouwd als een grondmassief dat voortdurend onderhevig is aan hydraulische belastingen. Om de waterkerende functie nu en in de toekomst te kunnen blijven vervullen, is een adequaat beheer en onderhoudsprogramma noodzakelijk.

Een nadrukkelijke wens van de beheerders is om lokaal aanwezige of beschikbare kleiige grond of gerijpte baggerspecie te benutten voor het herstellen en/of ophogen van een boezemkade, ook al is dit materiaal geen erosiebestendige klei in overeenstemming met de richtlijnen zoals vastgelegd in het 'Technisch rapport: Klei voor dijken' (TAW 1996).

Ter beoordeling van de toepassingsmogelijkheden van weinig erosiebestendige tot erosiebestendige grond is door het STOWA in 2001 het onderzoek 'Grond voor Kaden' opgestart.

<sup>1</sup> Met ingang van 1 januari 2005 zijn de waterschappen Wilck en Wiericke en De Oude Rijnstromen opgegaan in het Hoogheemraadschap van Rijnland.

### 1.3 ONDERZOEKSOPZET

In samenwerking met de Waterschappen De Oude Rijnstromen en Wilck en Wiericke zijn de Doespolderkade bij Leiderdorp en de ten westen van Waddinxveen gelegen Kleikade geselecteerd voor inrichting van de proeflocaties. De Doespolderkade is vanwege de intensieve recreatievaart te karakteriseren als een kade met een hoge hydraulische belasting en de Kleikade is een typisch laag belaste veenkade. Ten behoeve van deze pilots zijn voor zowel de Doespolderkade als de Kleikade voorstellen uitgewerkt voor inrichting van de diverse proefvakken. In opdracht van de waterschappen is de uitvoering van de kadeverbeteringen, als onderdeel van de geplande onderhoudswerken, door verschillende aannemers uitgevoerd. Om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de praktijk is het uitgangspunt geweest dat de werkzaamheden volgens de gebruikelijke uitvoeringsmethoden (wijze van aanbrengen, verdichten) zouden worden uitgevoerd.

De werkzaamheden hebben in de zomermaanden van 2004 onder de technische begeleiding van de waterschappen plaatsgevonden. Grontmij heeft de uitgevoerde werkzaamheden in het kader van de monitoring nauwlettend gevolgd.

Voorafgaande aan de inrichting zijn de bestaande kaden ingemeten en is een grondonderzoek uitgevoerd. In het rapport 'Pilot Grond voor Kaden - Inrichting proefvakken op de Kleikade en de Doespolderkade' (Grontmij, 24 mei 2005) is verslag gedaan van de uitgevoerde vooronderzoeken, de inrichting van de proefvakken en de daarbij opgedane (praktijk)ervaringen. Voor deze pilot relevante geachte informatie is in het voorliggende rapport verwerkt.

Vanaf september 2004 zijn de ontwikkelingen ter plaatse van het buitentalud van de kaden nauwlettend gevolgd. Met regelmaat is ook samen met de beheerders een inspectie uitgevoerd. Na de zomer van 2007 zijn de afsluitende opnamen verricht.

### 1.4 RESULTATEN PRAKTIJKONDERZOEK GROND VOOR KADEN (RAPPORT 2002-38)

De meeste relevante onderzoeksresultaten zoals vastgelegd in het rapport 'Grond voor Kaden' - praktijkonderzoek naar de ontwikkeling van fysische kwaliteitseisen voor grond in boezemkaden - zijn in dit hoofdstuk kort beschreven. Het genoemde rapport (rapportnummer 2002-38) is in 2002 door het STOWA uitgebracht.

#### 1.4.1 AANLEIDING EN DOEL PRAKTIJKONDERZOEK 2002

Zoals vermeld vervullen permanent waterkerende boezemkaden een belangrijke functie bij het in stand houden van het boezempeil en het beschermen van het lager gelegen achterland tegen overstroming. Vanwege zetting, inklinking en/of beschadigingen moeten boezemkaden regelmatig worden opgehoogd of aangevuld met grond. Er bestaan echter geen fysische kwaliteitseisen voor grond bestemd voor verwerking in boezemkaden.

Wegens het ontbreken van dergelijke eisen wordt door de beheerders veiligheidshalve veelal gekozen voor het toepassen van erosiebestendige klei. Er zijn echter voorbeelden bekend van oude boezemkaden, waarin geen erosiebestendige grond is verwerkt, maar waarvan het buitentalud geen excessieve erosie vertoonde en die verder ook goed functioneerden.

Dit alles is aanleiding geweest voor de vraag: Aan welke fysische kwaliteit moet grond voor boezemkaden voldoen? Gebaseerd op deze vraag is de voornaamste doelstelling van het uitgevoerde praktijkonderzoek geformuleerd, namelijk:

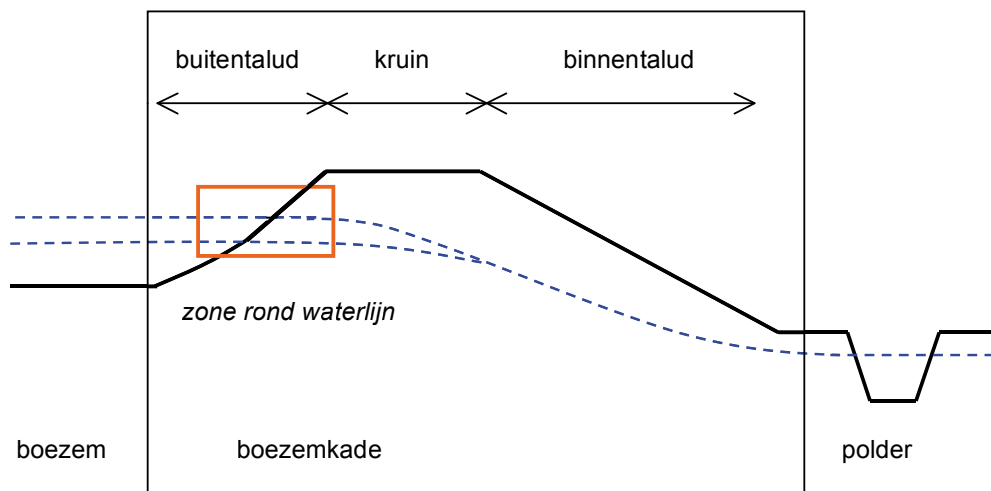
*Het op basis van praktijkervaringen vaststellen van de minimale fysische kwaliteitseisen voor grond voor verwerking in permanent kerende boezemkaden.*

### 1.4.2 ONDERZOEKSRÉSULTATEN

In het kader van het praktijkonderzoek zijn vijftien boezemkaden bekeken en vergeleken. Kenmerkend was de grote diversiteit aan belastingsituaties, beheersvormen en staat van onderhoud van deze kaden. Uit het inventariserend veldonderzoek is naar voren gekomen dat op basis van een aantal kenmerken verschillende typen boezemkaden kunnen worden onderscheiden. De in 2002 geschetste typen zijn vooral ingegeven door de verschillen in de belastingsituatie op de kaden.

Vooraf het buitentalud is, afhankelijk van de strijklengte en het eventuele scheepvaartverkeer, in meer of mindere mate onderhevig aan dynamische hydraulische belastingen (golven en/of stroming). Het buitentalud is daardoor het meest kwetsbare onderdeel van de kade. De kruin en het binnentalud zijn te beschouwen als de minder kwetsbare onderdelen van de kade.

FIGUUR 1.1 SCHEMATISCHE DOORSNEDE OPBOUW BOEZEMKADE



Ook blijken de boezemkaden (vooral buitentalud) te zijn opgebouwd uit een diversiteit aan grondsoorten. Analyses tonen aan dat in de buitentaluds grond is verwerkt waarvan de helft blijkt te voldoen aan de kwalificatie van erosiebestendig en de andere helft aan die van matig tot weinig erosiebestendig.

De kenmerken op basis waarvan boezemkaden onderscheiden kunnen worden, blijken een centrale rol te spelen bij het beantwoorden van de vraag waar en onder welke omstandigheden het zin heeft erosiebestendig materiaal te gebruiken. Hieruit vloeit voort dat, naast een aantal algemene onderhouds- en uitvoeringstechnische richtlijnen, er een aantal 'boezemkadetype-specifieke richtlijnen' kunnen worden opgesteld met betrekking tot onderhoud, aanvullende oeververdediging en toe te passen materialen in de te onderscheiden zones. Een belangrijk aspect in dit kader is dat er door het toepassen van een adequate aanvullende oeververdediging ruimte wordt geschapen voor het toepassen van matig tot weinig erosiebestendige grond (dit kan ook gerijpte baggerspecie zijn) op het buitentalud. Gebaseerd op de resultaten van het praktijkonderzoek is geconcludeerd dat:

*De mate van erosiebestendigheid van de grond en een aanvullende oeververdediging in zekere zin uitwisselbaar zijn. De eisen ten aanzien van erosiebestendigheid van de grond en de keuze voor de meest doelmatige aanvullende oeververdediging hangen samen met de belastingsituatie, beschikbare ruimte, landschappelijke overwegingen en de gewenste onderhoudsfrequentie.*



Op de kruin en het binnentalud van de onderzochte kaden is geen schade ten gevolge van hydraulische belastingen waargenomen, ook al treedt bij enkele kaden met een grote strijklengte (meerkaden) af en toe golfoverslag op. Op basis van de resultaten van het onderzoek is ook geconcludeerd dat:

*Er kansrijke mogelijkheden zijn voor het toepassen van matig tot weinig erosiebestendige grond en gerijpte baggerspecie in het weinig hydraulisch belaste deel van de kade (kruin en binnentalud), ervan uitgaande dat de kruin en het binnentalud zijn bedekt met een redelijk tot goed gesloten vegetatiedek. Voorwaarde is dat de stabiliteit van de boezemkade gewaarborgd moet blijven en de hydraulische eigenschappen niet worden beïnvloed (permanent hydraulisch belaste kaden).*

De uitkomsten van het onderzoek zijn verwerkt in een stroomdiagram waarin aan de hand van de hydraulische condities, de nevenfuncties (agrarisch, ecologisch, infrastructureel) en de gewenste onderhoudsfrequentie, indicatieve richtlijnen worden gegeven voor de mate van erosiebestendigheid van de grond in relatie tot het wel of niet toepassen van een op de belasting afgestemde aanvullende oeververdediging. Met het ontwikkelde diagram en de bijbehorende typering van de kaden is een aanzet gemaakt voor ontwerp of beoordeling van boezemkaden.

Vanwege het relatief beperkte schaalniveau waarop het praktijkonderzoek heeft plaatsgevonden, is verificatie van de opgetekende bevindingen echter gewenst. Dit heeft geleid tot het inrichten van diverse proefvakken op een kade die onderhevig is aan een hoge hydraulische belasting en een kade met een lage hydraulische belasting, respectievelijk de Doespolderkade en de Kleikade.

## 1.5 ONTWIKKELINGSPROGRAMMA REGIONALE WATERKERINGEN

In de Vierde Nota Waterhuishouding (1998) is opgenomen dat provincies en waterschappen normen moeten ontwikkelen voor de veiligheid van niet-primaire waterkeringen. Het belang van goed functionerende waterkeringen is in de zomer van 2003 nog eens onderstreept door de afschuivingen in Wilnis en Terbregge.

Om het proces landelijk zoveel mogelijk uniform te kunnen uitvoeren, is besloten het proces te ondersteunen met een systematiek voor uitvoering van de te doorlopen stappen voor de verschillende typen regionale waterkeringen. Dit geheel van activiteiten en producten is vastgelegd in het 'Ontwikkelingsprogramma Regionale Waterkeringen'. Het programmamanagement van het Ontwikkelingsprogramma is in handen van de STOWA, en staat onder ambtelijk toezicht van het Kernteam Regionale Waterkeringen. De verschillende projecten van dit programma zijn inhoudelijk begeleid door Begeleidingscommissies.

Het Ontwikkelingsprogramma beschrijft de verschillende technische rapporten die in het kader van het ondersteunen van een landelijk toepasbare systematiek zijn of worden opgesteld. Deze rapporten zijn gebaseerd op de volgende pijlers:

- normering;
- het toetsen op veiligheid;
- ontwerp en verbeteren;
- beheer en onderhoud.

## 1.6 LEESWIJZER

Het onder de vlag van het STOWA uitgevoerde onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van klei in permanent kerende boezemkaden, in relatie tot de hydraulische belasting van de kade heeft zijn uitwerking gevonden in het project 'Grond voor Kaden' – monitoring proefvakken op de Kleikade en de Doespolderkade. In het voorliggende rapport zijn de op basis van praktijkervaringen en de uitgevoerde praktijkproeven opgetekende bevindingen vastgelegd.

Na de inleiding wordt in hoofdstuk 2 verslag gedaan van de in het kader van de inrichting van de proefvakken verrichte werkzaamheden en enkele tijdens de uitvoering geregistreerde waarnemingen. Ook is een beschrijving opgenomen van de in de proefvakken verwerkte gronden.

Aansluitend is het monitoringsprogramma opgestart. De in het kader van de monitoring verrichte opnamen zijn beschreven in hoofdstuk 3.

De gedurende een periode van drie jaar (2004 – 2007) verrichte opnamen hebben een scala aan waarnemingen opgeleverd, waarvan in hoofdstuk 4 per kade een samenvattend verslag is opgenomen. In de bijlagen zijn de onderliggende opnamen opgenomen.

Op basis van de verzamelde data is een analyse uitgevoerd naar de processen die van invloed blijken te zijn op de in de proefvakken verwerkte klei. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten per kade uitgewerkt en in hoofdstuk 6 zijn de hieruit af te leiden verbanden en conclusies beschreven. Voorts zijn in hoofdstuk 7 de op basis van de ervaringen, ervaringen en conclusies uitgewerkte aanbevelingen beschreven.

De in het rapport genoemde bijlagen met de aanduiding 'CD-bijlage +nummer' zijn terug te vinden op de bij het rapport behorende CD. Enkele meest relevante bijlagen zijn in het rapport opgenomen en in de tekst aangegeven met de aanduiding 'bijlage +nummer'.

# 2

## INRICHTING PROEFVAKKEN KLEIKADE EN DOESPOLDERKADE

### 2.1 KLEIKADE

#### 2.1.1 ALGEMENE BESCHRIJVING KLEIKADE

De Kleikade is gelegen in Polder Achterhof, ten westen van Waddinxveen (zie figuur 2.1, en CD-bijlage 1.1). De Kleikade is particulier eigendom. Het Hoogheemraadschap van Rijnland (voorheen het Waterschap Wilck & Wiericke) is echter verantwoordelijk voor het beheer van de waterstaatkundige aspecten.

FIGUUR 2.1 SITUATIE PROEFLOCATIE KLEIKADE (BRON: TOPOGRAFISCHE DIENST NEDERLAND)



De Kleikade is ontstaan na vervening van de Polder Achterhof: een karakteristieke droogmakerij met een overwegend kleiige bovengrond (zandige klei en siltige klei). Volgens de beschikbare bodemkundige informatie (Bodemkaart van Nederland 1:50.000) bestaat het bodemprofiel tot ongeveer 1 km ten westen van de bebouwde kom uit meer en minder humeuze kleigronden. In de ondergrond kan ook kateklei (tijdens het rijpingsproces ontstaan bij ijzersulfide oxidatie) worden aangetroffen.

De Kleikade is te karakteriseren als een brede, groene kade, zonder oeververdediging, met een flauw verlopend binnentalud, een brede onderberm en een laag achterland (zie figuur 2.2). Vanwege het smalle profiel van de waterloop en omdat de boezem niet wordt gebruikt door scheepvaart, is het een laag belaste kade. Op basis van de belastingsituatie en het gebruik is de kade aan de hand van het stroomdiagram uit het rapport 'Grond voor Kaden' te typeren als 'type 5-laag of type 6-laag' (zie CD-bijlage 1.2).

FIGUUR 2.2

KLEIKADE, SITUATIE VOOR DE INRICHTING VAN DE PROEFVAKKEN



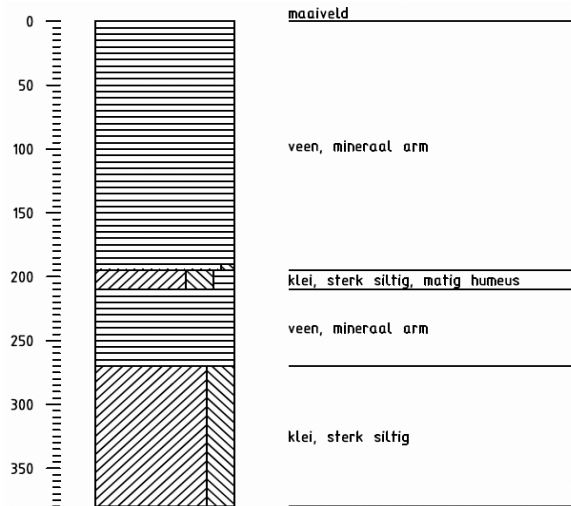
KLEIKADE. 31-03-2004

Mede ten behoeve van het onderhoud heeft de eigenaar de kade als een weideperceel beheerd en laten begrazen door koeien, paarden en schapen. Door vertrapping van het buitentalud is min of meer een vooroever ontstaan.

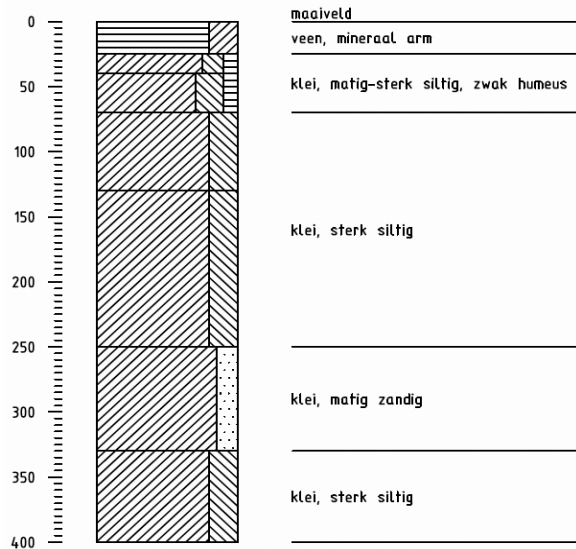
### 2.1.2 BODEMSCHEMATISATIE KLEIKADE (OORSPRONKELIJKE SITUATIE)

Op basis van de veldwaarnemingen kan worden opgemaakt dat het oorspronkelijke buitentalud bestaat uit een laag van mineraalarm tot zwak kleiig veen. Deze bovenlaag is mede gevormd door het regelmatig opbrengen van baggerspecie uit de boezem en beoordeeld als een vrij stevige redelijk gerijpte grond met een hoge structuurgraad. Door de relatief hoge gehalten aan organische bestanddelen is de grond als weinig erosiebestendig beoordeeld. Het kadeprofiel (oorspronkelijke situatie) bestaat vervolgens tot 2,60 à 3,20 m onder de kruin uit overwegend matig slap en slap veen (zie figuur 2.3). Plaatselijk kan overigens wel eens een dunne tussenlaag van venige klei voorkomen. Met de diepte neemt de rijpingsgraad en ook de stevigheid van de veenlagen sterk af. Vanaf een diepte van 0,60 tot 0,80 m -mv zijn de veenlagen als slap en sterk samendrukbaar beoordeeld. Op een diepte van 2,60 à 3,20 m -mv (gerekend t.o.v. de kruin) gaat het veen over in slappe klei met rietresten. Ter plaatse van de teen van het binnentalud rest nog slechts een dunne laag veen en bestaat de ondergrond uit siltige en soms zandige klei (zie figuur 2.4).

FIGUUR 2.3 GESCHEMATISEERD PROFIEL KRUIN EN BUITENTALUD KLEIKADE (NAP -2,25 À -2,15 M)



FIGUUR 2.4 GESCHEMATISEERD PROFIEL BINNENTALUD (TEEN) KLEIKADE (NAP -5,00 À -4,60 M)



### 2.1.3 KADEVERBETERING

Het Hoogheemraadschap van Rijnland, verantwoordelijk voor het borgen van de waterkerende functie van deze kade, heeft de Kleikade als een in 2004 te verbeteren polderkade in de uitvoeringsplanning opgenomen. Omdat de waakhogte niet meer voldeed aan het te hanteren criterium van 0,40 m, was verhoging van de kade noodzakelijk geworden. Er zijn namelijk kruinhoogten gemeten van NAP -2,25 m tot NAP -2,00 m, terwijl bij een boezempeil van NAP -2,38 m de gewenste hoogte NAP -1,98 m zou moeten bedragen (gebaseerd op het door het Hoogheemraadschap van Rijnland vastgestelde keurpeil). Rekeninghoudende met enige zetting en klink is ervoor gekozen de kade op NAP -1,75 m af te werken.

Op de voornamelijk door vertrapping ontstane vooroever (circa 0,5 m tot 1,0 m breed) heeft zich in de oorspronkelijke situatie een redelijk gesloten rietvegetatie gevormd. Voor het in stand houden van deze oeervegetatie ontvangt de eigenaar van het perceel tegenwoordig een vergoeding. Daarom is er bij de uitvoering van kadewerken in principe naar gestreefd deze vooroever te handhaven. In het kader van de inrichting van de proefvakken zijn de vooroevers ter plaatse van de proefvakken 1 t/m 3 vergraven en is de oeervegetatie verwijderd.



Het binnentalud kent een zeer geleidelijk verloop. Aanpassing en/of verzwaring van het binnentalud is volgens het Hoogheemraadschap van Rijnland dan ook niet nodig.

#### 2.1.4 INDELING PROEFVAKKEN KLEIKADE

Het door het waterschap voor de proef aangewezen traject is in beginsel verdeeld in negen proefvakken van 50 m. Uiteindelijk zijn op de Kleikade vijf proefvakken ingericht. De vakken waarin humeuze klei en (gebiedseigen) gerijpte baggerspecie zou worden verwerkt, zijn niet gerealiseerd. Het bleek namelijk niet mogelijk tijdig de beoogde grond te verkrijgen. Ook is de aannemer, in verband met de voortgang van het totale project, niet bereid geweest de werkzaamheden gefaseerd uit te voeren.

Een overzicht van de gerealiseerde proefvakken is opgenomen in tabel 2.1.

TABEL 2.1 PROEFVAKKEN KLEIKADE

Vak	Oeverbescherming	Verwerkte grond	Beoordeling erosiebestendigheid
1	geen	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)	erosiebestendig
2	geen	sterk zandige klei (depot Berkel 2)	weinig erosiebestendig
3	geen	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Berkel 3) <sup>2)</sup>	erosiebestendig
4	vooroever <sup>1)</sup>	matig zandige klei (depot Berkel 1)	weinig erosiebestendig
5	vooroever <sup>1)</sup>	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Berkel 3) <sup>2)</sup>	erosiebestendig

<sup>1)</sup> Bestaande vooroever (in beginsel ontstaan door vertrapping door vee) is gehandhaafd.

<sup>2)</sup> 'Standaard Wilck en Wiericke' - klei die door het waterschap is toegepast voor het verbeteren van de gehele kade.

#### 2.1.5 UITVOERING

In juni 2004 is een begin gemaakt met de uitvoering van de verbeteringswerkzaamheden aan de Kleikade en aansluitend ook de inrichting van de proefvakken. Nog voor de vakantieperiode is de grond in de vakken 4 en 5 verwerkt. Deze werkzaamheden zijn onder redelijk gunstige weers- en terreinomstandigheden uitgevoerd. De maanden direct na de vakantie zijn relatief nat geweest, met als gevolg dat de werkzaamheden gedeeltelijk ook onder natte weers- en terreinomstandigheden zijn uitgevoerd. Nadere informatie over de weersomstandigheden gedurende de aanlegperiode is opgenomen in CD-bijlage 4.

Ten behoeve van de praktijkproef is de op de kruin geplaatste afrastering blijven staan. Dit om beweiding van de kade tegen te gaan. Wel is het vee, kort na inrichting van de proefvakken, een enkele keer uitgebroken. Daardoor is er in meer en mindere mate sprake van vertrapping op de kruin en in het buitentalud van de kade.

Ter plaatse van de vakken 4 en 5 is de bestaande vooroever en rietkraag gehandhaafd. De werkzaamheden hebben voornamelijk bestaan uit het verhogen van de kade en het aanvullen van het buitentalud. In het buitentalud zijn enkele decimeters van de in deze proefvakken te verwerken grond aangebracht. Door de aannemer en het Waterschap is hiertoe besloten om de bestaande rietkraag zo min mogelijk te beschadigen, mede omdat dit voor de perceeleigenaar (en beheerder) een vermindering van de financiële bijdrage voor een natuurlijk beheer van de boezem tot gevolg heeft.

Na de vakantieperiode (augustus/september) is een begin gemaakt met de inrichting van de proefvakken 1 tot en met 3. Ten behoeve van de realisatie van deze vakken is de bestaande vooroever (inclusief de rietkraag) verwijderd. Ook is ongeveer 0,50 m van het buitentalud vergraven en vervangen door de in de proefvakken te verwerken grond.

FIGUUR 2.5

KLEIKADE TIJDENS INRICHTING VAN DE PROEFVAKKEN



KLEIKADE VAK 2 EN 1, 01-09-2004

De verwerkte grond is, nadat het gehele pakket is opgebracht, aangedrukt met de bak van de kraan. De mate van verdichting is echter een wat onzekere factor. Tijdens de uitvoering zijn namelijk enige twijfels ontstaan ten aanzien van de mate van verdichting van de opgebrachte grond. Daarom is dit aspect op 17 mei via Rijnland bij de aannemer opnieuw onder de aandacht gebracht. Nadien heeft de aannemer iets meer aandacht besteed aan het aandrukken van de grond met de bak van de kraan (na het aanbrenge van de totale ophoging).

Begin september zijn de vakken, na bewerking met een tandeneg, ingezaaid met een weidemengsel.

## 2.2 DOESPOLDERKADE

### 2.2.1 ALGEMENE BESCHRIJVING DOESPOLDERKADE

De Doespolderkade maakt deel uit van de Doespolder en ligt ten noordoosten van de N446, de provinciale weg van Leiderdorp naar Hoogmade. Op de uitsnede van de topografisch kaart (zie figuur 2.6 en CD-bijlage 2.1) is de situatie van deze proeflocatie langs de Does aangegeven.

Volgens de Bodemkaart van Nederland (kaartblad 30, schaal 1:50.000) is de kade gelegen in een gebied waarvan de bodem is beschreven als een zogenaamde Liedeedgrond. Dit profiel wordt gekenmerkt door een humusrijk kleidek dat overgaat in veen (bosveen). Over het algemeen zijn dit ook vrij natte gronden (grondwatertrap II, met een gemiddeld hoogste grondwaterstand op circa 0,20 m en een gemiddeld laagste grondwaterstand op circa 0,85 m -mv).

De Doespolderkade is in particulier eigendom (meerdere eigenaren) en het Hoogheemraadschap van Rijnland is verantwoordelijk voor het beheer van de waterstaatkundige aspecten. Deze kade is te karakteriseren als een smalle kade met een waterkerende hoogte van 1,1 à 1,2 m (verschil boezempeil - achterland), een kruinbreedte van ongeveer 1,5 m en een steil verlopend binnentalud (zie ook figuur 2.7). Gerekend vanaf de waterlijn bedraagt de totale breedte van de kade niet meer dan 6,0 à 7,0 m.

Als gevolg van de intensieve recreatievaart op de Does en de afmetingen van de boezem, valt deze kade in de categorie van de kaden met een hoge hydraulische belasting. De kade wordt ook gebruikt voor beweiding; op het zuidelijke deel alleen schapen en op het noordelijke deel ook

rundvee. Op basis van de belastingsituatie en het gebruik is de kade aan de hand van het stroomdiagram uit het rapport 'Grond voor Kaden' te typeren is als 'Type 5 hoog' (zie CD - bijlage 2.2).

FIGUUR 2.6 SITUATIE PROEFLOCATIE DOESPOLDERKADE (BRON: TOPOGRAFISCHE DIENST NEDERLAND)



### 2.2.2 BODEMSCHEMATISATIE DOESPOLDERKADE (OORSPRONKELIJKE SITUATIE)

Gebaseerd op de veldwaarnemingen is de oorspronkelijke bovenlaag (zode) in het buitentalud beschreven als een zwak humeuze, sterk siltige klei. Deze laag is als stevig beoordeeld. Direct onder de zodelaag, beginnend op een diepte van 0,10 à 0,15 tot circa 0,25 m, is voornamelijk, matig stevige, matig siltige klei waargenomen. In de kruin van de kade bevinden zich veelal nog resten van oude verhardingen en/of eerdere aanvullingen met sterk puinhoudend materiaal.

FIGUUR 2.7 DOESPOLDERKADE, SITUATIE VOOR DE INRICHTING VAN DE PROEFVAKKEN



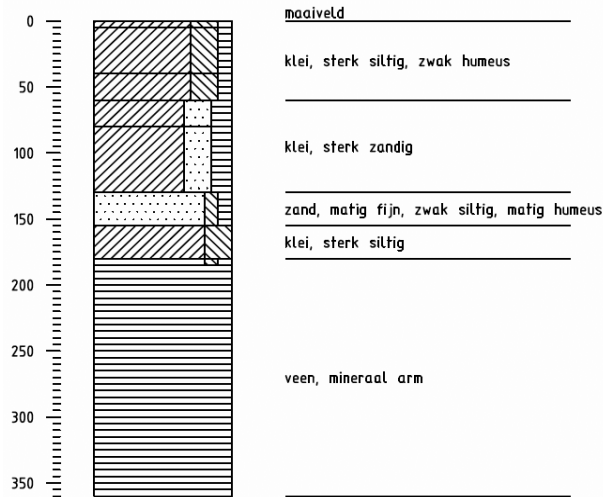
DOESPOLDERKADE, 19-11-2003

De kern van de kade (vanaf een niveau van 0,35 tot 0,50 m onder de kruin) bestaat uit verschillende lagen van zwak humeuze tot matig humeuze, sterk siltige tot sterk zandige klei. Deze kleilagen zijn doorgaans als vrij slap beoordeeld. Ook zijn enkele lagen van kleiarm tot kleilig matig fijn tot matig grof zand aangeboord.

Op een diepte van 2,20 tot 3,60 m -mv begint de oorspronkelijke veenondergrond. Ter plaatse van de proefvakken 4 tot 8 is echter een minder dik veenpakket aangeboord en bestaat de ondergrond vooral uit sterk humeuze, sterk siltige klei. Een geschematiseerde weergave van de opbouw van het kadeprofiel is weergegeven in de figuren 2.8 en 2.9.

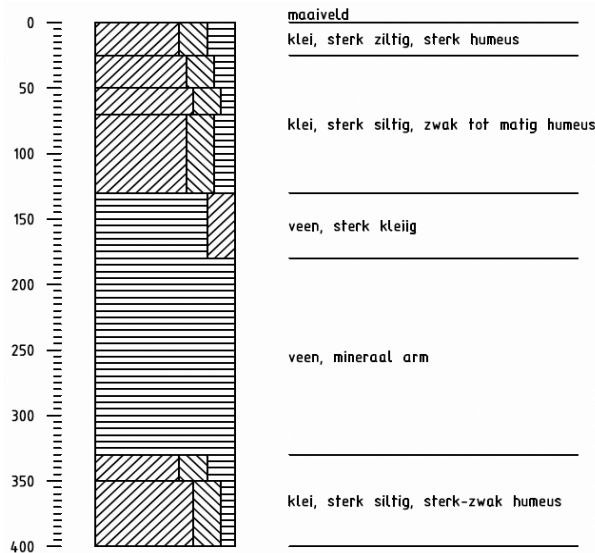
FIGUUR 2.8

GESCHEMATISEERD PROFIEL KRUIN DOESPOLDERKADE (NAP -0,30 À -0,20 M)



FIGUUR 2.9

GESCHEMATISEERD PROFIEL BINNENTALUD (TEEN) DOESPOLDERKADE (NAP-1,70 À -1,50 M)



### 2.2.3 KADEVERBETERING

Metingen, die zijn uitgevoerd door het Hoogheemraadschap van Rijnland, hebben uitgewezen dat de waakhogte van de kade niet meer voldeed aan de daarvoor geformuleerde criteria. Daarom is door het schap bepaald dat de Doespolderkade moest worden verhoogd; de kruin dient op NAP +0,10 m te worden afgewerkt, zodat ten opzichte van het boezempeil NAP -0,60 m een waakhogte van 0,70 m wordt bereikt.



In de oorspronkelijke situatie was de kade op de oeverlijn beschermd door een lichte betuining, bestaande uit een palenrij (h.o.h. circa 0,50 m), een plank en een tussengeklemd geotextiel. Deze betuining is echter verzakt, beschadigd en/of geheel verdwenen. Ter bescherming van het buitentalud (onderwatertalud) is in de loop der jaren aan de buitenzijde van het talud vrij veel stortpuin aangebracht.

Ondanks deze beschermingsmaatregelen is het buitentalud als gevolg van oevererosie tot achter de betuining weggeslagen (zie foto 3). Naast het verhogen van de kade, zal dus ook het buitentalud moeten worden hersteld (aangevuld) en is in de oorspronkelijke planning rekening gehouden met het herstellen of vervangen van de betuining. Op gedeelten van de proeflocatie, vooral voor proefvak 1, stond een redelijk gesloten oevervegetatie.

#### 2.2.4 INDELING PROEFVAKKEN DOESPOLDERKADE

Ten behoeve van de pilot is de Doespolderkade verdeeld in acht vakken van circa 45 m. Op het gedeelte vóór de molen zijn drie vakken en op het deel ten noorden van de molen zijn vijf proefvakken ingericht. Een overzicht van de gerealiseerde proefvakken is opgenomen in tabel 2.2.

TABEL 2.2 PROEFVAKKEN DOESPOLDERKADE

Vak	Oeverbescherming	Verwerkte grond	Beoordeling erosiebestendigheid
1	vooroever <sup>1)</sup>	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Lisse) <sup>3)</sup>	erosiebestendig
2	vooroever <sup>1)</sup>	matig zandige klei (depot Berkel 1)	weinig erosiebestendig
3	vooroever <sup>1)</sup>	sterk zandige klei (depot Berkel 2)	weinig erosiebestendig
4	vooroever <sup>1)</sup>	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)	erosiebestendig
5	betuining <sup>2)</sup>	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)	erosiebestendig
6	betuining <sup>2)</sup>	matig zandige klei (depot Berkel 1)	weinig erosiebestendig
7	betuining <sup>2)</sup>	sterk zandige klei (depot Berkel 2)	weinig erosiebestendig
8	betuining <sup>2)</sup>	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Lisse) <sup>3)</sup>	erosiebestendig

1) Betuining, bestaande uit een dubbele palenrij (h.o.h. 0,50 m) en een kern van geboste wilgentenen, en een met uit de Does gewonnen specie aangevulde vooroever.

2) Betuining bestaande uit een enkele palenrij (h.o.h. 0,50 m), een plank en een tussengeklemd geotextiel.

3) klei die door het waterschap is toegepast voor het verbeteren van de gehele kade, conform 'Standaard De Oude Rijnstromen'

FIGUUR 2.10 DOESPOLDERKADE, BETUINING EN EEN NOG AAN TE VULLEN VOOROEVER



DOESPOLDERKADE, 24-08-2004

Voor zover nodig is het oorspronkelijke talud vergraven tot minimaal 0,50 m achter de betuining of de (denkbeeldige) oeverlijn. Vervolgens is de geselecteerde grond op basis van beschikbaarheid in de vakken verwerkt. Omdat niet alle grond tijdig beschikbaar was, zijn de vakken 2 en 7 pas na de zomervakantie aangelegd.

Ter plaatse van de vakken 1 t/m 4 is een eenvoudige betuining geplaatst en een vooroever aangebracht. Het voornemen was om een standaard betuining te plaatsen op 1,0 à 1,5 m uit de kade en het deel achter de betuining aan te vullen met lokaal te winnen grond of baggerspecie. Omdat niet alle constructies de goedkeuring konden krijgen van de eigenaar van de Does (vooral vanwege het gegeven dat de visrechten zijn verpacht), is uiteindelijk gekozen voor een enigszins transparante betuining. Deze bestaat uit een dubbele palenrij (h.o.h. 0,50 m) en een kern van geboste wilgentenen. Een vooroever is gecreëerd door het deel achter de betuining vol te storten met uit het midden van de Does gewonnen specie.

Bij de vakken 5 t/m 8 is uiteindelijk overal de standaard betuining toegepast, bestaande uit een enkele palenrij, een plank (bevestigd aan de bovenzijde van de palen) en een geotextiel dat tussen de palen en de plank is vastgezet.

FIGUUR 2.11

DOESPOLDERKADE, BETUINING MET ENKELE PALENRIJ, PLANK EN GEOTEXTIEL



DOESPOLDERKADE, 12-07-2004

### 2.2.5 UITVOERING

Eind mei 2004 is de aannemer begonnen met de voorbereidende werkzaamheden, zoals het plaatsen van de betuining en de dubbele palenrij ten behoeve van de te maken vooroever. Gelijktijdig is de aannemer gestart met het zoeken van de in de verschillende proefvakken te verwerken grond. In het algemeen kan worden gesteld dat de aannemer zeer betrokken is geweest bij opzet van de pilot en de inrichting van de proefvakken. Regelmatig heeft de aannemer overleg gezocht met het waterschap. Indien het inrichtingsvraagstukken betrof heeft de aannemer een en ander ook aan Grontmij voorgelegd.

In verband met de beschikbaarheid van de grond uit de verschillende depots, is ervoor gekozen om nog voor de vakantieperiode, maar ook voordat de vooroevers waren aangebracht, de grond in enkele proefvakken te verwerken. Door het ontbreken van een afdoende bescher-

ming van het buitentalud en/of een onvoldoende verdichting van de in het talud verwerkte grond, zijn delen van de buitentaluds weggeslagen. Na de vakantieperiode zijn de buitentaluds hersteld met grond uit de geselecteerde depots en de vooroevers aangevuld met de uit de Does gewonnen specie.

In eerste instantie is ter plaatse van vak 5 (proefvak met erosiebestendige klei) geen betuining geplaatst. Na de vakantieperiode is geconstateerd dat de aangebrachte grond volledig was weggeslagen. Het niet beschermde buitentalud is dus binnen een periode van 3 à 4 weken tot op de kern van de kade afgeslagen. Dit voornamelijk als gevolg van de golfwerking veroorzaakt door de recreatievaart. Opvallend was echter dat alleen achter een enkele pol biezen het talud niet of nauwelijks is aangetast.

Om herhaling te voorkomen is in overleg met Rijnland en de aannemer ervoor gekozen om ter plaatse van vak 5 alsnog een standaard betuining te plaatsen. Het weggeslagen deel achter de betuining is nadien weer aangevuld met erosiebestendige klei (klei depot Linschoten).

FIGUUR 2.12

DOESPOLDERKADE, AFKALVING VAK 5 (EROSIEBESTENDIGE KLEI)



DOESPOLDERKADE VAK 5, 10-08-2004

Bij het aanbrengen is de grond aangedrukt met de bak van de kraan. In de praktijk blijkt de grond alleen nadat de gehele aanvulling of ophoging is aangebracht te zijn aangedrukt. De opgebrachte grond is dus niet laagsgewijs verdicht. Daarom is de mate van verdichting een wat onzekere factor, maar vast staat dat de grond niet goed verdicht is geweest.

De proefvakken zijn, veelal direct nadat de grond in de vakken was verwerkt, ingezaaid met een weidemengsel.

Voor de vakantieperiode hebben de werkzaamheden onder redelijke weers- en terreinomstandigheden kunnen plaatsvinden. Augustus en september waren echter relatief natte maanden, waardoor de afronding van de werkzaamheden soms ook onder natte weers- en terreinomstandigheden zijn uitgevoerd. Medio september zijn de werkzaamheden afgerond. Informatie over de weersgesteldheid in de aanlegperiode is opgenomen in bijlage 4.

# 3

## MONITORINGSPROGRAMMA

### 3.1 ALGEMEEN

Het monitoringsprogramma is gedurende een periode van drie jaar uitgevoerd, namelijk van september 2004 tot en met september 2007. Bijzondere aandacht is in dit kader besteed aan de beoordeling van het schadebeeld in relatie tot de in het buitentalud verwerkte grond, al dan niet in combinatie met een oeververdediging.

Daarnaast zijn ook eventuele (rand)effecten, die direct of indirect van invloed (kunnen) zijn op de kwaliteit van de kade, in de beoordeling meegenomen.

In de volgende paragrafen is een korte beschrijving opgenomen van de uitgevoerde inspecties. De resultaten van de opnamen zijn beschreven in hoofdstuk 5.

### 3.2 INSPECTIE GRONDVERWERKING (INRICHTING PROEFVAKKEN)

Het dagelijks toezicht (directievoering) was in handen van de waterschappen. Gedurende de uitvoeringsperiode zijn, in goed overleg met de waterschappen, de ontwikkelingen nauwlettend gevolgd en begeleid. De tijdens de uitvoering opgedane ervaringen zijn vastgelegd. Bijzonder aandachtspunt is de wijze van aanbrengen van de verschillende grondsoorten in de proefvakken, omdat dit van essentieel belang is bij het ontstaan van initiële schade aan de boezemkaden.

### 3.3 INSPECTIES PROEFPERIODE

#### 3.3.1 ONTWIKKELINGSPERIODE

Door het ontbreken van een beschermende zode of kruidenvegetatie zijn de kaden na inrichting van de proefvakken nog relatief kwetsbaar. De invloed van factoren die schade tot gevolg kunnen hebben, is dan (naar verwachting) nog onevenredig groot ten opzichte van een goed begroeide kade. Om uiteindelijk tot een goed afgewogen eindoordeel te kunnen komen, is ervoor gekozen om de effecten/ontwikkelingen in deze meest kwetsbare periode intensief te monitoren.

Het belangrijkste aandachtspunt bij de uitvoering van de inspecties is het volgen van de ontwikkelingen aan het buitentalud van de kaden. Primair is daarom een visuele inspectie verricht en is de ontwikkeling van de zode/kruidenvegetatie beoordeeld. Naast een beschrijving van de ontwikkelingen per kadevak zijn de ontwikkelingen ook op foto vastgelegd.

#### 3.3.2 REGULIERE INSPECTIES

Om de processen, veranderingen en dergelijke goed te kunnen volgen zijn de kaden gedurende de gehele proefperiode (2004-2007) met regelmaat geïnspecteerd. In principe zijn de opnamen in de volgende perioden uitgevoerd;



- na de vorstperiode (februari-maart);
- in het voorjaar (mei-juni);
- tijdens het zomerseizoen i.v.m. vele vaarbewegingen (juli-augustus);
- najaar (oktober-november).

De bij de reguliere inspectie verrichte waarnemingen zijn:

- visuele inspectie van de kade en in het bijzonder het buitentalud:
  - o beoordelen van de staat van de oeververdediging (betuining);
  - o aantasting / beschadiging vooroever (afslag, bodemdieren, scheepvaart e.d.);
  - o aantasting buitentalud;
  - o beoordeling van het vegetatiedek (buitentalud, kruin en binnentalud);
  - o mechanische beschadigingen kadeprofiel;
  - o beoordeling opgetreden zettingen;
- beoordelen van de kade op kenmerken van instabiliteit (bijv. verzakking, vervorming, uitspoeling, scheuren in vegetatiedek, structuurvorming);
- vastleggen kwelverschijnselen (bijv. vochtige tot drassige bodem, zichtbaar uittredend water);
- fotoregistratie;
- vervaardigen profielschetsen (op vaste en karakteristieke punten);
- opnemen van grondwaterstanden in peilbuizen;
- meten van het waterpeil in de boezem (peilschaal).

### 3.3.3 PERIODIEKE INSPECTIES

In aanvulling op de reguliere inspecties is één of twee keer per jaar gezamenlijk met de beheerder van het waterschap een inspectie uitgevoerd. In het kader van deze periodieke inspecties zijn de volgende aanvullende opnamen verricht:

- vastleggen opgetreden problemen en/of calamiteiten;
- vastleggen uitgevoerde onderhoudswerken en/of herstelwerkzaamheden.

### 3.3.4 EINDINSPECTIES

De afsluitende opnamen zijn in juli en september/oktober 2007 uitgevoerd. In overleg met de begeleidingscommissie is besloten om in het kader van deze eindinspecties de onderstaande opnamen te verrichten.

Opname juli 2007 (net voor het zomerseizoen)

- het inmeten taluds en beoordeling erosie op de waterlijn en het vastleggen van de meetgegevens in de vorm van profielschetsen;
- het beoordelen van de betuining en vooroever (indien aanwezig);
- het beoordelen van de aanwezige vegetatie (soorten en vegetatiedichtheid);
- het opnemen van de grondwaterstanden in de peilbuizen;
- het bemonsteren van de proefvakken waarin de erosiebestendige klei (klei depot Linschoten) is verwerkt en de uitvoering van een laboratoriumanalyse op de verzamelde monsters (o.a. ter bepaling van zuurgraad, organische stofgehalte en bodembioologische activiteit). Dit i.v.m. de sterk achterblijvende vegetatie;
- het vastleggen van kenmerkende beelden in een fotorapportage.

Opname september/oktober 2007 (net na het zomerseizoen)

- idem opnamen juli 2007 (behalve bemonsteren proefvakken met erosiebestendige klei);
- het uitvoeren van een gezamenlijke inspectie met de beheerder, met bijzondere aandacht

voor het beoordelen van beheer- en onderhoudaspecten die van invloed kunnen zijn op de erosiebestendigheid van de kade;

- het beoordelen van de in het talud verwerkte grond op basis van structuurkenmerken. Het betreft een visuele beoordeling van het bodemprofiel. Daarvoor zijn per proefvak in het buitentalud en op de kruin enkele profielkuilen gegraven. Ter plaatse is tevens de bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit beoordeeld;
- landmeetkundige opnamen bestaande uit:
  - het inmeten van de dwarsprofielen;
  - het inmeten van het lengteprofiel.

### 3.4 LANDMEETKUNDIGE OPNAMEN

Na inrichting van de proefvakken en controle van de grondslagpunten zijn de kaden nauwkeurig ingemeten. De aan RD en NAP gerelateerde metingen zijn: een gedetailleerde DTM meting, een lengteprofiel over de kade en de ter plaatse van de proefvakken gemeten dwarsprofielen. In het veld zijn de profielen gemarkeerd door plaatsing van een grondanker.

Gedurende de monitoringsperiode en in het kader van de afsluiting van de proefperiode zijn de dwars- en lengteprofielen opnieuw ingemeten. Vooruitlopend zijn echter de grondslagpunten gecontroleerd en is een doorgaande waterpassing over de grondslagpunten en de hulpmerken uitgevoerd. Door combinatie van de meetresultaten is het mogelijk de verschillen ten opzichte van voorgaande metingen te visualiseren.

### 3.5 VAARPROEF DOESPOLDERKADE

De Doespolderkade is vanwege de hydraulische situatie gekenmerkt als een hoog belaste kade. In de zomermaanden wordt de Does namelijk vrij intensief gebruikt door de recreatievaart. Onder invloed van de door de recreatievaart veroorzaakte golfbeweging kan de vooroever en/of het buitentalud worden aangetast.

Om een zo representatief mogelijk beeld te krijgen in de effecten bij wisselende vaarsnelheden en variabele afstanden tot de kade, zijn in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Rijnland verschillende denkbare situaties gesimuleerd. Op 4 juli 2006 is met verschillende vaarsnelheden en op variabele afstanden (circa 5 tot 20 m) langs de Doespolderkade gevaren. In verband met de aanwezige begroeiing was het niet mogelijk om dichters langs de oever te varen.

Per kadevak zijn de golfploop en de waarneembare effecten op de kade vastgelegd (beschrijvend en foto's).

# 4

## WAARNEMINGEN

### 4.1 ALGEMEEN

Vanaf de start van de aanleg zijn eerst de werkzaamheden en vervolgens de ontwikkelingen tot de zomer van 2007 gevolgd. De resultaten zijn per proefvak in chronologische volgorde en per aspect of onderdeel van de kade beschreven. Voor zover van toepassing is de volgende onder-verdeling aangehouden:

- vegetatie;
- vooroever;
- betuining;
- buitentalud;
- kruin;
- binnentalud;
- diversen.

De per proefvak opgetekende waarnemingen zijn opgenomen in de bijlagen. In CD-bijlage 1.3 zijn de resultaten van de proefvakken op de Kleikade vastgelegd. De beoordelingsresultaten van de acht proefvakken op de Doespolderkade zijn opgenomen in CD-bijlage 2.3.

Uit de beschikbare informatie zijn samenvattende beoordelingstabellen gegenereerd, ten einde de resultaten overzichtelijk te kunnen presenteren (zie bijlagen 1 en 2 bij dit rapport). In de eerste kolom van deze tabellen staan de monitoringdata vermeld en in de kolommen daarnaast zijn de resultaten van de verschillende beoordelingsaspecten verwerkt. Per aspect is zowel een beschrijving gegeven als een gradatie voor de mate van aantasting. De gradatie loopt van r1 (geen of weinig aantasting) tot r4 (veel aantasting). Om een overall beeld te krijgen van de mate van aantasting zijn de gradaties met een kleur aangegeven (van groen naar rood: groen = r1, geel = r2, oranje = r3 en rood = r4).

Deze resultaten zijn weer vertaald in diagrammen. Per vak is een staafdiagram samengesteld waarin de gradatie per monitoringronde is aangegeven. De groene blokken representeren het aspect dat is beoordeeld (vegetatie t/m kruin). Binnen elke blok is per vak een staafdiagram getekend.

Daarnaast zijn de ontwikkelingen in de proefvakken uitgewerkt aan de hand van:

- schetsen van dwarsprofielen;
- schetsen van lengteprofielen van de vooroever (alleen Doespolderkade);
- registratie door middel van foto's.

Aanvullend zijn met regelmaat de grondwaterstanden opgenomen. De meetresultaten zijn (ten opzichte van NAP) weergegeven in de CD-bijlagen 1.4 en 2.4.

## 4.2 KLEIKADE

De samenvattende beoordelingstabellen en staafdiagrammen van de Kleikade zijn opgenomen in bijlage 1. De profielschetsen zijn opgenomen in CD-bijlage 1.6. Met behulp van enkele geselecteerde foto's zijn de waarnemingen verduidelijkt (CD-bijlage 1.7). In de volgende paragrafen worden de resultaten in detail toegelicht.

### 4.2.1 VISUELE INSPECTIE

#### VEGETATIE

Uit de vegetatiediagrammen blijkt dat de vegetatie in alle vijf vakken langzaam op gang komt. Pas in het voorjaar van 2005 is de vegetatie redelijk tot ontwikkeling gekomen, waarbij opvalt dat de vegetatie ter plaatse van vak 2 (extra zandige klei) iets achter blijft. Dit is onder andere het gevolg van verslemping (het dichtslaan) van het oppervlak.

Door handhaving van de bestaande vooroever is de ontwikkeling van de vegetatie op het buitentalud van de vakken 4 en 5 iets beter dan in de andere vakken. Figuur 4.1 geeft ter illustratie het verschil in vegetatie tussen de vakken 2 en 5 (april 2005).

FIGUUR 4.1 VEGETATIE IN APRIL 2005



KLEIKADE VAK 2, 19-04-2005  
MINIMALE ONTWIKKELING VEGETATIE



KEIKADE VAK 5, 19-04-2004  
REDELIJKE ONTWIKKELING VEGETATIE

Kort na de afwerking van de proefvakken is de nog kwetsbare bovengrond en vegetatie (vertrapt) door uitgebroken runderen.

Vanaf 2006 heeft zich op de waterlijn een oevervegetatie ontwikkeld. Door maaiwerkzaamheden is de vegetatie, vooral op de buitentaluds van de vakken 1 t/m 3, beschadigd. Plaatselijk is daardoor de gehele vegetatie verwijderd.

Gedurende de proefperiode heeft zich op de kade een min of meer gesloten vegetatie kunnen ontwikkelen. Tijdens de opnamen in de zomer en in het najaar van 2007 is per vak een inventarisatie gemaakt van de (algemeen) voorkomende kruiden. Een overzicht van de per vak gevonden kruiden en grassen is opgenomen in CD-bijlage 1.5.

#### VOOROEVER EN BUITENTALUD

Met betrekking tot de vooroever (t.p.v. de vakken 4 en 5) zijn weinig verschillen tussen beide vakken waar te nemen. In beide vakken vindt enige mate van erosie van de vooroever plaats. De vooroever blijft echter voldoende bescherming bieden voor het buitentalud. Deze is dan ook niet aangetast. Alleen als gevolg van de uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden, bestaande uit het maaien van de oevervegetatie, zijn de oever en het buitentalud licht beschadigd. Ook als gevolg van vertrapping is het buitentalud beschadigd.

In de vakken 1 t/m 3 is wel sprake van aantasting van het buitentalud. De opgetreden schade is vooral waarneembaar in de vorm van afkalving op de waterlijn. In eerste instantie ontstaat er een klein steilrandje (enkele centimeters) op de waterlijn. De wijze waarop verdere afkalving plaatsvindt, verschilt tussen de vakken. Bij vak 1 (erosiebestendige klei) vindt na verloop van tijd een uitholling (tot circa 10 à 15 cm) van het talud op de waterlijn plaats. Bij verdere uitholling van het talud breken er brokken grond af van het overhangende deel. Gedeeltelijk is de geërodeerde grond (zandige fractie) onder de waterlijn voor het talud afgezet.

Ter plaatse van vak 2 en in iets mindere mate ook ter plaatse van vak 3, is na verloop van tijd een steilrandje ontstaan (resp. 10-20 cm en 10-15 cm) waarbij de geërodeerde grond aan de onderzijde van het talud weer is afgezet. Ter plaatse van het talud met zandige klei treedt nauwelijks uitholling op, omdat door de instabiele structuur de grond geleidelijk afkalft. In het laatste jaar van de opnamen heeft zich op de ontstane 'vooroever' een nog open oevervegetatie ontwikkeld. Figuur 4.2 geeft ter illustratie de verschillende vormen van erosie van vak 1 en vak 2.

FIGUUR 4.2 EROSIË VAN HET BUITENTALUD (MAART 2005)



KLEIKADE VAK 1, 16-03-2005

UITHOLLING VAN HET BUITENTALUD EN SCHADE DOOR VERTRAPPING



KLEIKADE VAK 2, 16-03-2005

STEILRANDJE MET ' NIEUWE VOOROEVER'

In het eerste jaar zijn op de niet begroeiende taluds ter plaatse van vak 2 en 3 erosiegeulen ontstaan onder invloed van het via de taluds afstromende neerslagwater. Vooral vak 2 vertoont als gevolg van ontmenging van de zanddeeltjes duidelijke erosiegeulen.

Bij het schonen van de watergang en het maaien van de vooroever en taluds zijn vooral ter plaatse van de vakken 1 t/m 3 de taluds beschadigd. De daarbij vrijkomende vegetatie is op de kade achtergebleven. Geconstateerd is dat onder de soms dikke pakketten met maairesten de oorspronkelijke vegetatie is vergaan en er zich in de bovenlaag een actief bodemleven heeft ontwikkeld.

### KRUIJN

Ter plaatse van de vakken met relatief zandige grond (vooral vakken 2 en 4) is in sterkere mate sprake van verslemping aan het oppervlak. Verslemping is vooral zichtbaar in de periode dat er nog geen sprake is van een min of meer gesloten vegetatiedek.

Op de kruin van alle proefvakken is schade ontstaan als gevolg van vertrapping door rundvee (uitgebrouwen). Doordat er in de vakken 1 t/m 3 geen vooroever aanwezig is, is ook het buitentalud beschadigd. Door de vertrapping is het talud kwetsbaar geworden.

### BINNENTALUD

Behalve dat er enkele mollen actief zijn geweest, zijn er geen waarnemingen gedaan die wijzen op aantasting van het binnentalud.

FIGUUR 4.3 VERSLEMPING VAN DE KRUIN (FEBRUARI 2005)



KLEIKADE VAK 2, 02-02-2005  
STERKE VERSLEMPING T.P.V. VAK 2 (EXTRA ZANDIGE KLEI)

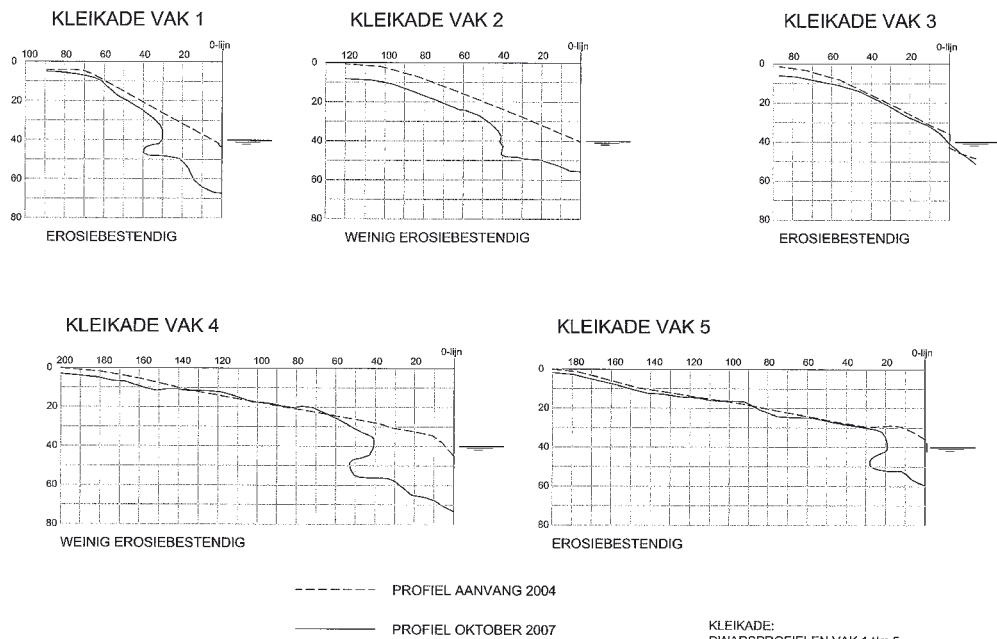


KLEIKADE VAK 5, 02-02-2005  
NAUWELIJKS VERSLEMPING T.P.V. VAK 5 (STANDAARD KLEI)

#### 4.2.2 SCHETSEN DWARSPROFIELEN

Uit de schetsen van de dwarsprofielen (zie figuur 4.4 en CD-bijlage 1.6) blijkt dat bij de vakken 1 en 2 (geen vooroever aanwezig) het buitentalud is aangetast. Er ontstaat een afgekalfd, “vlak” randje ter hoogte van de waterspiegel. De afkalving heeft tot circa 40 cm in het buitentalud plaatsgevonden. Bij vak 3 is een beperkte afkalving opgetreden. Ter plaatse van de vakken 4 en 5 is het talud niet aangetast. De taluds worden afdoende beschermd door de aanwezige vooroever. De vooroever zelf is wel aangetast.

FIGUUR 4.4 MATE VAN EROSIE VAN HET BUITENTALUD EN DE VOOROEVER VAN DE VAKKEN 1 T/M 5



KLEIKADE:  
DWARSPROFIELEN VAK 1 t/m 5  
PROJECTNR: 179896 BESTAND 44A48278.DWG TEKNR: 44A48139

In het verloop van de dwarsprofielen van vak 1, 2 en 3 is het proces van afkalving goed te zien. Ter hoogte van de waterlijn ontstaat eerst een steilrandje. Door verdere erosie van dit steilrandje ontstaat een holte onder het talud (vak 1). Wanneer deze voldoende groot is, zakt het bovenliggende grond weg. Vervolgens herhaalt zich dit proces. Ter plaatse van vak 2 (weinig erosie-bestendige klei) is sprake van een meer geleidelijk verlopend erosieproces



en slechts een geringe uitholling van het talud op de waterlijn. Ook ter plaatse van vak 3 (erosiebestendige klei volgens 'standaard Wilck en Wiericke') is de uitholling op de waterlijn overigens beperkt.

Ook blijkt dat ter plaatse van de vakken 4 en 5 de vooroever, mogelijk mede als gevolg van de maaiwerkzaamheden, is aangetast.

#### 4.2.3 FOTO'S

##### VAKKEN 1 T/M 3 (VAKKEN ZONDER VOOROEVER)

Op de foto's van september 2004 (zie CD-bijlage 1.7), die kort na de aanleg zijn genomen, is te zien dat het buitentalud nog niet is begroeid. In november 2004 is sprake van lichte begroeiing, waarbij in vak 1 wat meer begroeiing is waar te nemen dan in de andere twee vakken. Op de foto's van vak 1 en vak 3 zijn pootindrukken van vee zichtbaar.

Ook in april 2005 is sprake van een matige begroeiing. In de zomer van 2005 is een duidelijke verbetering opgetreden, in alle vakken is sprake van een redelijk dichte begroeiing.

Geconstateerd is dat de begroeiing de kade beschermd, maar op de waterlijn is nog altijd sprake van een beperkte erosie. Het erosieproces blijkt minder snel te verlopen.

Op de foto's van maart 2005 is te zien dat in beperkte mate afkalving van het buitentalud heeft plaatsgevonden. Door het ontbreken van een vegetatie op de waterlijn en het talud is het buitentalud relatief kwetsbaar gebleken. De taluds zijn in 2006 en 2007 goed begroeid en bieden voldoende bescherming tegen erosie. Dat in deze jaren toch schade aan het buitentalud is opgetreden wordt veroorzaakt door maaiwerkzaamheden.

##### VAKKEN 4 EN 5 (VAKKEN MET VOOROEVER)

Op de foto's van oktober en november 2004 is te zien dat de vooroevers van de vakken 4 en 5, die tijdens de aanleg niet zijn vergraven, goed zijn begroeid. Op de buitentaluds is de vegetatie beperkt, maar door de aanwezigheid van begroeide vooroevers treedt er geen aantasting op. Ook in de periode kort na de aanleg van de proefvakken is het buitentalud voldoende beschermd tegen oevererosie.

Na de monitoringronde van april 2005 neemt de vegetatie snel toe tot een vrijwel volledige bedekking. De dichte vegetatie zorgt voor voldoende bescherming van de vooroever en het talud. Op de foto's van april 2006 en februari 2007 is op het buitentalud een dikke laag rietresten te zien die daar tijdens onderhoudswerkzaamheden is neergelegd. Het riet is afkomstig van de vooroever.

#### 4.2.4 GRONDWATERSTANDEN

Gedurende de opnameperiode zijn met regelmaat de grondwaterstanden opgenomen in de peilbuizen die per proefvak in het dwarsprofiel zijn geplaatst. Uit de in CD-bijlage 1.4 gepresenteerde opnamen blijkt dat gemeten verschillen klein zijn. De per proefvak in de loop van de tijd gemeten verschillen bedragen niet meer dan enkele centimeters. Alleen de in een droge periode (opname 5 juli 2006) gemeten waterstanden liggen 0,10 à 0,15 m onder de het gemiddelde niveau. Ook blijken de verschillen tussen de vijf proefvakken relatief klein te zijn. Er is dan ook geen verband te leggen tussen de gemeten grondwaterstanden en de voor de kadeverbetering gebruikte grond.

#### 4.2.5 LANDMEETKUNDIGE PROFIELEN

Uit de in CD-bijlage 1.8 opgenomen landmeetkundige profielen blijkt dat de tot nu toe (2004-2007) opgetreden zettingen gemiddeld kleiner zijn dan 0,05 m. De grootste verschillen tussen de gemeten profielen doen zich voor ter hoogte van de waterlijn en dan vooral ter plaatse van

de vakken 1 en 2. Bij vak 3 zijn de verschillen vrij gering. Ter plaatse van de vakken 4 en 5 biedt de vooroever een voldoende bescherming van het buitentalud. Wel is de vooroever als gevolg van de uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden iets versmald.

### 4.3 DOESPOLDERKADE

De samenvattende beoordelingstabellen en staafdiagrammen van de Doespolderkade zijn opgenomen in bijlage 2. De schetsen van de lengte- en dwarsprofielen zijn opgenomen in CD-bijlage 2.6. Met behulp van enkele geselecteerde foto's zijn de waarnemingen verduidelijkt (CD-bijlage 2.7). In de volgende paragrafen worden de resultaten in detail toegelicht.

#### 4.3.1 VISUELE INSPECTIE

##### VEGETATIE

Uit de vegetatiediagrammen blijkt dat de mate van begroeiing bij de vakken 1 t/m 3 en 5 t/m 7 langzaam op gang komt (zie ook figuur 4.5). Dit is onder andere het gevolg van verslemping van het oppervlak. In de vakken 4 en 8 met erosiebestendige klei (respectievelijk humeuze sterk siltige klei uit Linschoten en zwak zandige tot zwak siltige klei overeenkomstig de standaard van De Oude Rijnstromen) is geen sprake van verslemping, waardoor de vegetatie sneller op gang komt. Na verloop van tijd is met name ter plaatse van de vakken 4 en 5 een sterke achteruitgang in de vegetatiedichtheid waargenomen. In het voorjaar van 2007 was de kruin zelfs vrijwel kaal. Vermoedelijk is dit het gevolg van het maaien van de sterk opgaande kruidenvegetatie en de marginale grasbezetting onder deze vegetatie (als gevolg van concurrentie).

In verband hiermee zijn enkele mengmonsters verzameld van de bovenlaag (tot ca 0,15 m) en geanalyseerd op de enkele parameters die inzicht geven in de bodemvruchtbaarheid van de grond. De analyseresultaten (zie CD-bijlage 5) laten zien dat vooral de gehalten aan opneembaar fosfaat erg laag zijn. Lage fosfaatgehalten zijn nadelig voor een goede kieming en ontwikkeling van een grasvegetatie en dus ook niet bevorderlijk voor een het herstel van de vegetatie. Bovendien is de (zeer grote) fractie grof schelpmateriaal nadelig voor de vochthuishouding van de graszode.

Tijdens de opnamen in de zomer en in het najaar van 2007 is per vak een inventarisatie gemaakt van de (algemeen) voorkomende kruiden. Een overzicht van de per vak gevonden kruiden en grassen is opgenomen in CD-bijlage 2.5.

FIGUUR 4.5 BEGROEIING IN NOVEMBER 2004



DOESPOLDERKADE VAK 2, 02-11-2004  
MINIMALE VEGETATIEDICHTHEID



DOESPOLDERKADE VAK 8, 02-11-2004  
REDELIJK GESLOTEN VEGETATIEDEK



### BETUINING

De betuining ter plaatse van de vakken 1 t/m 3, bestaande uit een dubbele palenrij en een kern van geboste wilgentenen, blijkt vaak (gedeeltelijk) onder de waterlijn te liggen (gradatie 1-3, zie figuur 4.6). Ter plaatse van vak 4 ligt de betuining boven de waterlijn.

Bij de vakken zonder vooroever (vakken 5 t/m 8) is een betuining aangebracht, bestaande uit een enkele palenrij, plank en geotextiel. In deze vakken is de betuining afgewerkt op gemiddeld 0,10 m boven de waterlijn (zie figuur 4.6) en biedt veelal een voldoende bescherming tegen de golfslag. Een enkele keer komt het voor dat de golven over de betuining heen slaan. Plaatselijk is de betuining enkele centimeters lager afgewerkt, waardoor de golven eerder het talud kunnen bereiken en de kans op oevererosie iets toeneemt.

FIGUUR 4.6 BETUINING EN VOOROEVER (MAART 2005)



DOESPOLDERKADE VAK 1, 16-03-2005  
BETUINING DEELS ONDER WATER



DOESPOLDERKADE VAK 4, 16-03-2005  
BETUINING RUIM BOVEN WATER

### VOOROEVER

Uit de waarnemingen van de vooroever blijkt dat in de vakken 1 t/m 3 sprake is van een sterke afkalving (gradatie 3-4). In het vak met erosiebestendige klei (vak 4) is nagenoeg geen afkalving waargenomen, zie figuur b. Ter plaatse van de vakken 5 t/m 8 is geen vooroever aanwezig.

Tijdens de laatste monitoringrondes is de situatie verbeterd door verlanding met riet- en grasaanwas, zie figuur 4.7.

FIGUUR 4.7 VERLANDING DOOR RIET- EN GRASAANWAS



DOESPOLDERKADE VAK 2, 03-10-2007  
HERSTEL VOOROEVER DOOR ONTWIKKELING VAN RIETVEGETATIE

Tijdens de opnamen in de zomer en in het najaar van 2007 is per vak een inventarisatie gemaakt van de (algemeen) voorkomende kruiden. Een overzicht van de per vak gevonden kruiden en grassen is opgenomen in bijlage 2.5

### **BUITENTALUD**

De vooroever blijkt in belangrijke mate bescherming te bieden aan het buitentalud. Daar waar de vooroever sterk is aangetast, is ook een aantasting van het talud waarneembaar (vakken 1, 2 en 3).

Er is sprake van afkalving op de waterlijn, die uitmondt in een uitholling (tot circa 10 cm) van het talud op de waterlijn. Veroorzaakt door erosie van gestructureerde kleibrokken breken er brokken grond af van het overhangende deel. De geërodeerde grond wordt gedeeltelijk onder de waterlijn (in de vooroever) afgezet.

Alleen in het vak met erosiebestendige klei (vak 4) treedt nauwelijks of geen schade op aan het talud. Met betrekking tot de kruin is in geen van de vakken sprake van schade in de vorm van scheuren of afkalving. Wel is sprake van (enige) verslemping<sup>2</sup>.

De buitentaluds ter plaatse van de vakken 4 t/m 8 blijken enigszins kwetsbaar te zijn zolang er zich geen gesloten vegetatie heeft ontwikkeld. In de vakken met weinig erosiebestendige klei ontstaat vlak boven de betuining een 'vlakrand' als gevolg van de over de betuining heen rollende golven. De mate van erosie verminderd nadat er zich in het buitentalud een gesloten vegetatiedek heeft gevormd.

### **KRUIN**

Ter plaatse van de vakken met relatief zandige grond (de vakken 2 en 3) is sprake van een sterkere mate van verslemping, vooral in de periode dat de vegetatie nog niet volledig tot ontwikkeling is gekomen. In alle vakken is een zekere mate van kuiligheid ontstaan door pootindrukken van vee. In de vakken 5 en 6 is een looppad van vee op de kruin waarneembaar.

### **BINNENTALUD EN ACHTERLAND**

Kenmerkend is de relatief sterke structuurvorming van de in het binnentalud verwerkte grond. Ook heeft de vegetatie zich op het binnentalud verhoudingsgewijs beter en sneller ontwikkeld dan op de kruin en het buitentalud.

De teen van de kade blijkt vrijwel altijd nat en weinig draagkrachtig te zijn. Met regelmaat is er sprake van plasvorming. Alleen in de droge zomermaanden is er minder wateroverlast geconstateerd.

Ook in de aangrenzende weidepercelen is (op korte afstand van de kade) frequent wateroverlast geconstateerd. Door de wateroverlast is de draagkracht van de bovenlaag veelal gering en is de kans op schade als gevolg van vertrapping en spoorvorming relatief groot.

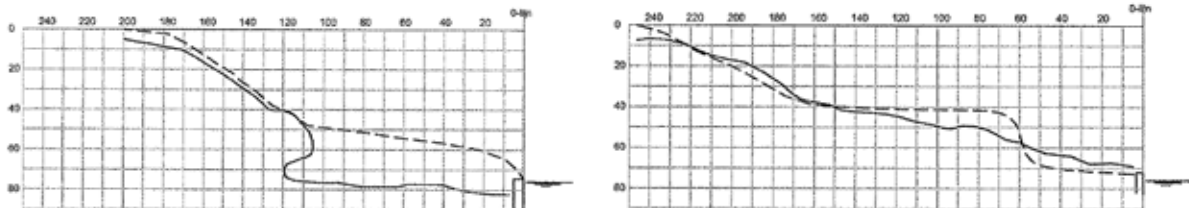
#### **4.3.2 SCHETSEN DWARSPROFIELEN**

De schetsen van de dwarsprofielen zijn per vak opgenomen in CD-bijlage 2.6. In de schetsen is de ontwikkeling van de vooroever en buitentalud in de loop der tijd weergegeven. In de schets van de laatste opnamen is met een arcering de hoeveelheid verdwenen bodemmateriaal aangegeven.

<sup>2</sup> dichtslaan van de poriën in de toplaag door uitvloeien van bodemdeeltjes.

Uit de schetsen van de vakken 1-3 blijkt dat aantasting van de vooroever optreedt. Bij vak 1 is op 7 juli 2006 nagenoeg de gehele vooroever verdwenen. In de vakken 1 en 2 vindt tevens afkalving aan de teen van het buitentalud plaats. Bij vak 3 is de aantasting van de vooroever minder omvangrijk. In dit vak is nog geen aantasting van het buitentalud waarneembaar. In vak 4 is nauwelijks enige aantasting van de vooroever waargenomen. Wel is sprake van een zekere afvlakking. Figuur 4.8 geeft een illustratie van de verschillen in erosie tussen vak 1 en vak 4.

**FIGUUR 4.8 EROSIE VAN DE VOOROEVER**  
**ONDERBROKEN LIJN: OORSPRONKELIJK PROFIEL BUITENTALUD NA INRICHTING VAN DE PROEFVAKKEN**  
**GETROKKEN LIJN: PROFIEL TEN TIJDE VAN EINDINSPECTIE**

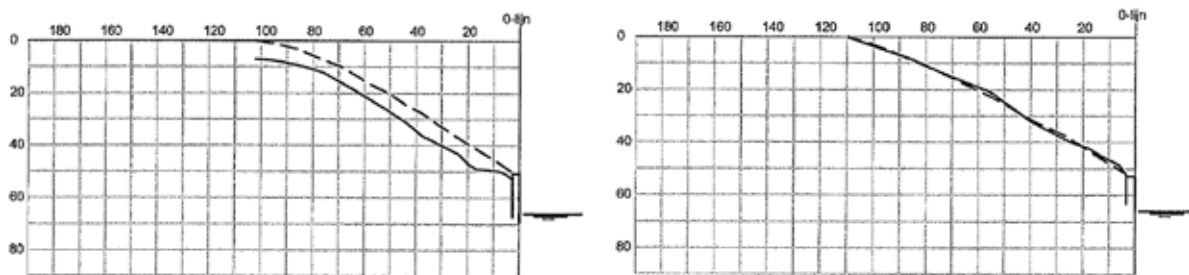


**VAK 1 STERKE EROSIE VAN DE VOOROEVER**

**VAK 4 NAUWELIJKS EROSIE VAN DE VOOROEVER**

In de vakken 5 t/m 8 (geen vooroever aanwezig) treedt in geringe mate afkalving van het buitentalud op. Er is sprake van enige afvlakking van het talud aan de bovenzijde van de betuining, waarbij de minste aantasting is waargenomen in de vakken met erosiebestendige klei (zie figuur 4.9). De mate van aantasting is overigens mede afhankelijk van de dichtheid van de vegetatie.

**FIGUUR 4.9 EROSIE VAN HET BUITENTALUD**  
**ONDERBROKEN LIJN: OORSPRONKELIJK PROFIEL BUITENTALUD NA INRICHTING VAN DE PROEFVAKKEN**  
**GETROKKEN LIJN: PROFIEL TEN TIJDE VAN EINDINSPECTIE**



**VAK 7 BEPERKTE EROSIE VAN HET BUITENTALUD (ER HEEFT WEL EEN ZEKERE INKLINKING PLAATSGEVONDEN)**

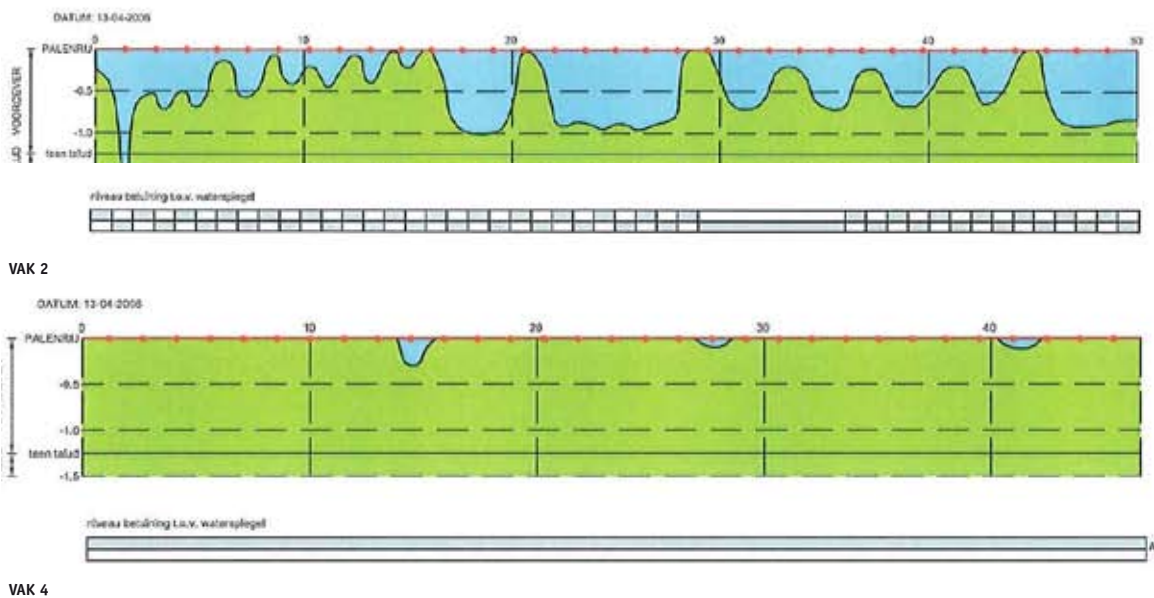
**VAK 8 GEEN EROSIE VAN HET BUITENTALUD**

#### 4.3.3 SCHETSEN LENGTEPROFIELEN VAN DE VOOROEVER

In CD-bijlage 2.6 zijn ook de schetsen van de lengteprofielen van de vakken met vooroever (vakken 1 t/m 4) opgenomen. Uit de lengteprofielen wordt het beeld dat in de voorgaande paragraaf is geschetst nog eens verduidelijkt. Hierbij wordt nog opgemerkt dat in alle vakken dezelfde grond (afkomstig uit de Does) in de vooroever is toegepast. Behalve de ontwikkeling van de vooroever, is ook de ontwikkeling van de rietvegetatie ingetekend omdat deze een beschermende werking heeft tegen erosie. Daarnaast is het niveau van de betuining ingetekend.

Uit de lengteprofielen blijkt dat vooral op de plekken waar de betuining zich onder of op de waterspiegel bevindt (in de vakken 1-3) de meeste erosie optreedt. Overigens geldt dit niet in alle gevallen. In vak 1 bijvoorbeeld treedt over de gehele lengte van het vak erosie op, ook ter plaatse van de gedeelten waar de betuining boven de waterspiegel ligt. In vak 4 waar de betuining over de gehele lengte boven de waterspiegel ligt, treedt slechts in beperkte mate erosie op. Figuur 4.10 geeft een beeld van het verschil in erosie tussen vak 2 (betuining rond de waterspiegel) en vak 4 (betuining boven de waterspiegel).

FIGUUR 4.10 VERSCHIL IN EROSIE TUSSEN VAK 2 EN VAK 4



#### 4.3.4 FOTO'S

In deze paragraaf wordt de ontwikkeling van de kade in de periode van aanleg tot september/oktober 2007 beschreven aan de hand van de foto's die met regelmaat zijn genomen (zie CD-bijlage 2.7). Onderstaand zijn ontwikkelingen toegelicht.

##### VAKKEN 1-4 (VAKKEN MET VOOROEVER)

De foto van september 2004 toont de situatie kort na aanleg. De vooroever, die is aangelegd met specie uit de Does, heeft een onregelmatig oppervlak. De structurelementen van de toegepaste specie zijn duidelijk zichtbaar. Twee maanden later, in november 2004, is het oppervlak door golfslag "afgevlakt". Tevens is een begin van afkalving van de vooroever zichtbaar. In februari 2005 is nagenoeg de gehele vooroever onder water verdwenen en treedt ook afkalving van het buitentalud op. Ter plaatse van het riet (foto maart 2005) is de afkalving minder door de beschermende werking van het riet tegen golfslag.

De vakken 2 en 3 vertonen hetzelfde beeld als vak 1. De mate van afkalving lijkt wat minder dan in vak 1. Waarschijnlijk houdt dit verband met de beschermende werking van de aanwezige vegetatie op de vooroever. In vak 1 is de vooroever nauwelijks begroeid, waarschijnlijk omdat deze al onder water is verdwenen voordat begroeiing kon optreden. Na maart 2005 vindt nagenoeg geen verdere aantasting van de vooroever of het buitentalud plaats. In vak 4 is nauwelijks aantasting van de vooroever opgetreden.

### VAKKEN 5-8 (VAKKEN ZONDER VOOROEVER)

Op de foto's van september 2004 van de vakken 5 en 7, die kort na de aanleg zijn genomen, is te zien dat het buitentalud nog niet is begroeid. De vakken 6 en 8 zijn eerder ingezaaid en wel begroeid. Bij de vakken 5 en 7 is te zien dat achter de betuining in een smalle strook bodemmateriaal is geërodeerd (zie de foto's van maart 2005). Door de erosie is aan de bovenzijde van de betuining een vlak stukje ontstaan. Bij vak 7 (weinig erosiebestendige klei) is het effect sterker dan bij vak 5 (erosiebestendige klei). Na de opname van 16 maart 2005 zijn nauwelijks of geen veranderingen in het buitentalud opgetreden, doordat het talud wordt beschermd door de aanwezige vegetatie.

#### 4.3.5 GRONDWATERSTANDEN

In de per proefvak (in het dwarsprofiel) geplaatste peilbuizen zijn met regelmaat grondwaterstanden gemeten. Uit de meetresultaten (zie CD-bijlage 2.4) blijkt dat zowel de verschillen tussen de waarnemingen in de tijd alsmede de verschillen tussen de proefvakken gering zijn. O-vallend zijn echter de hoge grondwaterstanden ter plaatse van de peilbuizen die in de teen van de kade zijn geplaatst. Met regelmaat is het grondwaterniveau gelijk aan het maaiveldniveau en is er dus sprake van plasvorming.

#### 4.3.6 LANDMEETKUNDIGE PROFIELEN

In bijlage 2.8 zijn per proefvak de gemeten dwarsprofielen gepresenteerd. Hieruit blijkt dat de kade gedurende de meetperiode 0,00 tot 0,10 m is gezakt. Tevens geven de gemeten profielen een bevestiging van het beeld dat op basis van de profielschetsen en het fotoverslag is verkregen.

#### 4.3.7 VAARPROEF DOESPOLDERKADE

De tijdens de vaarproef opgetekende waarnemingen zijn per proefvak uitgewerkt.

##### DOESPOLDERKADE - VAK 1

- palen staan net onder of op de waterlijn en de takkenbossen liggen ongeveer 0,05 m onder water;
- de plaatselijk voor de vooroever aanwezige vegetatie geeft enige bescherming, ondanks dat de golfploop ook ongeveer 0,10 m bedraagt;
- golfploop tot 0,10 m boven het waterpeil. Golfwerking schuin op kadelijn;
- er is geen directe afkalving zichtbaar. Wel is sprake van enige vertroebeling van het water voor het talud op de plaatsen waar de vooroever geheel is weggeslagen en de golfslag de kade kan bereiken. Het lijkt erop dat de klei in het buitentalud op de waterlijn zeer geleidelijk wordt losgeweekt (ook weinig bodemmateriaal ter plaatse van vooroever) en er met elke waterbeweging wat gronddeeltjes in suspensie komen
- voor aanvang van de vaarproef is er al sprake van erosie van het talud onder de waterlijn (circa 0,10 m).

##### DOESPOLDERKADE - VAK 2

- daar waar het water tot aan de kade kan komen (vooroever is tot onder de waterlijn weggeslagen) is sprake van vertroebeling van het water, doordat kleideeltjes suspenderen. Gezien de restsamenstelling van het in de vooroever verwerkte materiaal, zullen de kleideeltjes voornamelijk afkomstig zijn van het buitentalud van de kade. Er is sprake van uitholling op de waterlijn (tot ca 0,10 m);
- de nog gedeeltelijk aanwezige vooroever geeft een afdoende bescherming aan de kade. De golven bereiken de kade niet. De kwetsbaarheid van de vooroever neemt af naarmate de vegetatie verdicht.

**DOESPOLDERKADE - VAK 3**

- ter plaatse van de delen met vooroever is geen effect zichtbaar. De golven bereiken het buitentalud niet. De inmiddels aanwezige vegetatie biedt een redelijke tot goede bescherming;
- daar waar de vooroever geheel is weggespoeld, is op de waterlijn een duidelijke aantasting van het buitentalud waarneembaar. Vertroebeling van water is hier vooral zichtbaar op plaatsen waar de golven het talud raken. Door waterbeweging komen kleideeltjes in oplossing (suspenderen). Daardoor is sprake van enige uitholling van het talud.

**DOESPOLDERKADE - VAK 4**

- de betuining staat op of net boven het waterpeil.
- de golven veroorzaakt door de vaarbeweging slaan grotendeels over de betuining heen.
- over gehele lengte van het vak is nog een vooroever aanwezig. De vooroever is begroeid met grassen en wat riet (eerste ontwikkeling).
- vooroever (incl. begroeiing) biedt voldoende bescherming van het buitentalud. Golven bereiken gedempt het talud. Door begroeiing wordt ook de vooroever nauwelijks aangetast.

**DOESPOLDERKADE - VAK 5**

- betuining 0,10 m boven het waterpeil;
- golfslag slaat (periodiek) over de betuining heen. Er is echter geen of nauwelijks aantasting van het talud;
- omdat de grond de kans krijgt om wat in te drogen, zal bij een enkele golfoverslag de grond niet direct verspoelen (suspenderen). De iets drogere situatie biedt ook meer kans voor vegetatieontwikkeling;
- op één plek (0,30 m breed) ontbreekt de vegetatie direct boven de betuining. Dergelijke plekken blijken kwetsbaar te zijn. Bij regelmatige overspoeling van het talud worden gronddeeltjes losgeweekt, waardoor het talud circa 0,10 m vanaf de betuining is afgevlakt.

**DOESPOLDERKADE - VAK 6**

- gemiddelde golfoploop tot aan bovenzijde van de betuining, met soms een geringe overslag. Het talud wordt beschermd door de aanwezige begroeiing;
- plaatselijk is direct achter de betuining een gat ontstaan (Ø10 cm en 10 cm diep). Deze plek is niet begroeid. Mogelijk kan dit een kwetsbare plek zijn, waar een verdere uitholling kan plaatsvinden.

**DOESPOLDERKADE - VAK 7**

- golfoploop tot op de betuining; het water loopt over de inmiddels gevormde 'vlakrand' heen. Mede omdat er regelmatig een dun laagje water op de vlakrand blijft staan, is er sprake van enige verweking. Zeer geleidelijk en gelijkmatig worden gronddeeltjes losgeweekt en meegevoerd;
- de vlakrand raakt begroeid, waardoor de kwetsbaarheid duidelijk afneemt. Er is nauwelijks nog sprake van aantasting van het talud;
- over enkele meters staat de betuining 8 cm, boven de waterlijn, als gevolg waarvan er met een grotere regelmaat het talud wordt overspoeld en er een dun laagje water achter de betuining blijft staan. Door het ontbreken van een dichte vegetatie blijkt het talud, in sterkere mate dan bij de overige proefvakken, te worden aangetast.



### DOESPOLDERKADE - VAK 8

- tot aan de betuining is het talud dicht begroeid. Deze begroeiing biedt een goede bescherming van het talud.
- er is nauwelijks sprake van aantasting van het talud als gevolg van een golfoploop tot net boven de betuining.

## 4.4 STRUCTUURONTWIKKELING

Tijdens de laatste veldopname in september/oktober 2007 is de structuur van de aangebrachte grond ter plaatse van de Kleikade en Doespolderkade beoordeeld. Hiertoe is op de kruin en het buitentalud van elk vak een profielkuil gegraven. De diepte van de profielkuil gaat tot in de oorspronkelijke bovengrond en ter plaatse van het talud (onderzijde) tot in het gereduceerde materiaal.

In CD-bijlage 3 is een schematische weergave opgenomen van de structuurontwikkeling ter plaatse van vak 1 op de Kleikade en vak 6 op de Doespolderkade.

### 4.4.1 EROSIEBESTENDIGE KLEI

Erosiebestendige klei is toegepast in de onderstaande proefvakken:

TABEL 4.1

PROEFVAKKEN EROSIEBESTENDIGE KLEI

Vak	Verwerkte grond
Kleikade vak 1	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)
Kleikade vak 3	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Berkel 3)
Kleikade vak 5	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Berkel 3)
Doespolderkade vak 1	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Lisse)
Doespolderkade vak 4	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)
Doespolderkade vak 5	humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)
Doespolderkade vak 8	zwak zandige tot zwak siltige klei (depot Lisse)

Aan de hand van de beschrijving van de profielkuilen is de bodemstructuur beoordeeld, zoals deze zich tijdens de proefperiode heeft ontwikkeld.

De bovenlaag van de vakken met erosiebestendige klei heeft van 0,05 m tot 0,10 m -mv over het algemeen een goede structuur, is stevig en goed doorworteld. De structuur bestaat uit deels afgeronde en scherpblokkige structurelementen. Van de humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten) zijn de structurelementen scherper en groter (diameter 2-4 cm) dan de zwak siltige klei (depot Berkel en Lisse). Deze structurelementen zijn meer afgerond (diameter 1-2 cm) en er komen oppervlakkig granulairen voor.

Van 0,05 m à 0,10 m tot 0,10 à 0,15 m -mv is gerijpt materiaal aanwezig met afgeronde en scherpblokkige structurelementen. De structurelementen van de sterk siltige klei zijn groter (diameter 4-6 cm) dan de zwak siltige klei (diameter 1-2 cm).

De klei is matig stevig en matig (depot Linschoten) tot goed doorworteld (depot Lisse en Berkel).

Van 0,10 m à 0,15 m tot onderzijde opgebracht materiaal (0,25 m à 0,30 m -mv) is de grond matig stevig en is de structuur minder ontwikkeld (grotere samengestelde, scherpe, prisma-tische elementen). Doordat de structuur dieper weg minder is ontwikkeld, blijft ook de beworteling achter (matig tot zwakke beworteling). In het onderwatertalud is het materiaal vochtiger, minder gerijpt, matig slap, structuurarm en doorworteld met vaak grovere wortels en rietstolonen. Tot in het ongerijpte materiaal worden poriën (met roest) aangetroffen.

De onderlaag bestaat ter plaatse van de Kleikade uit stevig, meer of minder veraard veen. De structuur is samengedrukt (samengesteld rul) en heeft dieper weg een platige structuur. De onderlaag ter plaatse van de Doeskade bestaat uit een vrij dichte, matig stevige, roesthoudende klei.

#### 4.4.2 WEINIG EROSIEBESTENDIGE KLEI

Weinig erosiebestendige klei is toegepast in de in tabel 4.2 aangegeven proefvakken:

TABEL 4.2

PROEFVAKKEN WEINIG EROSIEBESTENDIGE KLEI

Vak	Verwerkte grond
Kleikade vak 2	sterk zandige klei (depot Berkel 2)
Kleikade vak 4	matig zandige klei (depot Berkel 1)
Doespolderkade vak 2	matig zandige klei (depot Berkel 1)
Doespolderkade vak 3	sterk zandige klei (depot Berkel 2)
Doespolderkade vak 6	matig zandige klei (depot Berkel 1)
Doespolderkade vak 7	sterk zandige klei (depot Berkel 2)

De bovenlaag van de vakken met sterk zandige klei (weinig erosiebestendige klei, depot Berkel 2) heeft van 0,05 m tot 0,10 m -mv een vochtige, matig stevige, slempige structuur en veel wortelmasse. Van 0,05 m à 0,10 m tot 0,10 à 0,15 m - mv komt stevige zandige klei voor met een afgerond blokkige structuur. Van het door het materiaal gemengde humeuze, siltige deel zijn de structuurelementen scherper (depot Berkel 2).

Ter plaatse van de vakken met matig zandige klei (weinig erosiebestendige klei, depot Berkel 1) is de structuurontwikkeling tot dieper in het profiel waargenomen (circa 0,25 m -mv). Er komen echter wel grotere, minder afgeronde, siltige brokken in voor welke niet zijn doorworteld.

Van respectievelijk 0,10 m à 0,15 m en 0,25 m tot onderzijde opgebracht materiaal (0,30 m à 0,35 m) is de grond matig stevig, gerijpt en matig gerijpt en is de structuur minder ontwikkeld (grotere samengestelde, scherpblokkige elementen, diameter 2 tot 4 cm). Ook is de laag matig poriënhoudend (o.a. wormengangen). De beworteling is matig.

In het sterk zandige materiaal (depot Berkel 2) komen reductieplekken hoger in het profiel voor dan in de matig zandige klei (depot Berkel 1).

#### 4.5 WEERGESTELDHEID 2004 - 2007

Op basis van beschikbare KNMI gegevens blijkt dat de gemiddelde temperatuur in de seizoenen veelal net boven het gemiddelde heeft gelegen (zie tabel 4.3). Dit beeld wordt bevestigd door het relatief geringe aantal geregistreerde ijsdagen en de toename van het aantal warme en zomerse dagen in de jaren 2004-2007 (zie tabel 4.4).



TABEL 4.3 GEMIDDELDE TEMPERATUREN 2004-2007 (BRON: KNMI, OKTOBER 2007)

Temperatuur [°C]	Jaar 2004	Jaar 2005	Jaar 2006	Jaar 2007	Normaal <sup>1)</sup>	
Winter	4,1	3,6	2,8	6,5	3,3	december t/m februari
Voorjaar	9,5	9,8	9,1	11,7	8,9	maart t/m mei
Zomer	17,0	16,9	18,5	17,2	16,6	juni t/m augustus
Herfst	10,9	12,0	13,6	-	10,2	september t/m nov.

1) Normaal=het langjarig gemiddelde over het tijdvak 1971-2000

TABEL 4.4 VERGELIJK TEMPERATUURVERDELING 2004-2007 (BRON: KNMI, OKTOBER 2007)

Temperatuur [dagen]	Jaar 2004	Jaar 2005	Jaar 2006	Normaal <sup>1)</sup>	
IJsdagen	3	3	2	8	Max. temp. < 0,0 °C
Vorstdagen	65	48	60	58	Min. temp. < 0,0 °C
Warme dagen	89	88	110	77	Max. temp. 20,0 °C of hoger
Zomerse dagen	25	34	51	22	Max. temp. 25,0 °C of hoger
Tropische dagen	3	4	13	3	Max. temp. 30,0 °C of hoger

1) Normaal=het langjarig gemiddelde over het tijdvak 1971-2000

In de jaren 2004-2007 liggen de totale neerslaghoeveelheden rond het langjarige jaargemiddelde. Daarbij valt op dat de hoeveelheden in de zomermaanden boven het gemiddelde en in de herfst onder het gemiddelde liggen. In de wintermaanden blijken de neerslaghoeveelheden nogal te variëren.

TABEL 4.5 NEERSLAGGEGEVENS 2004-2007 (BRON: KNMI, OKTOBER 2007)

Neerslag [mm]	Jaar 2004	Jaar 2005	Jaar 2006	Jaar 2007	Normaal <sup>1)</sup>	
Winter	274	165	128	271	194	december t/m februari
Voorjaar	115	162	187	173	166	maart t/m mei
Zomer	314	253	244	303	202	juni t/m augustus
Herfst	196	197	182	-	235	september t/m november
Totaal	862	785	765	-	797	N.B. januari t/m december

1) Normaal=het langjarig gemiddelde over het tijdvak 1971-2000

Een uitgebreide beschouwing van de weergesteldheid vanaf de aanleg van de proefvakken in 2004 tot en met 2007 is opgenomen in CD-bijlage 4.

Alles overziende is geconcludeerd dat er gedurende de monitoringsperiode sprake is geweest van gemiddelde weeromstandigheden, zonder extreme koude, natte en droge perioden. Voor zover waarneembaar is er geen aanleiding te veronderstellen dat de weeromstandigheden een bepalende rol hebben gehad op bijvoorbeeld de structuurvorming van de grond. Wel kunnen de wat nattere omstandigheden ten tijde van de afwerking van de proefvakken van invloed zijn geweest op de ontwikkeling van de vegetatie. Bijkomend effect is dat er graszaad is weggespoeld en de bovengrond in sommige vakken is verslemt.

# 5

## ANALYSE ONDERZOEKSRESULTATEN

### 5.1 ALGEMEEN

Uit de in hoofdstuk 4 opgetekende waarnemingen blijkt dat de meest relevante verschillen in het buitentalud zijn waargenomen, waarbij ook de aanwezigheid van een vooroever of een betuining zeer bepalend kan zijn voor de mate van aantasting. Ook zijn in meer en mindere mate verschillen waargenomen tussen de kaden en vakken waar verschillende kleigronden zijn toegepast. Op basis hiervan is in dit hoofdstuk een analyse gemaakt van de factoren die van invloed zijn op de erosie van het buitentalud van Kleikade en de Doespolderkade. Er wordt een beschrijving gegeven van de onderliggende processen en mechanismen.

### 5.2 ANALYSE RESULTATEN KLEIKADE

#### 5.2.1 TOTAALOVERZICHT

Tabel 5.1 geeft een vereenvoudigde samenvatting van de resultaten van de monitoring. In de onderstaande paragrafen worden de resultaten nader geëvalueerd.

TABEL 5.1 VEREENVOUDIGDE SAMENVATTING RESULTATEN MONITORING KLEIKADE (PERIODE 2004-2007)

Vaknummer	1	2	3	4	5
Oeververdediging	geen vooroever			vooroever	
Beoordeling klei	eb <sup>1)</sup>	web <sup>2)</sup>	eb <sup>3)</sup>	web <sup>4)</sup>	eb <sup>3)</sup>
Vegetatie buitentalud <sup>5)</sup>	-	-	-	+	+
Vooroever	nvt	nvt	nvt	+/-	+/-
Buitentalud	-	-	-	+	+
Kruin	+	+	+	+	+

eb = erosiebestendige klei

web = weinig erosiebestendige klei

-	aantasting
+	nauwelijks of geen aantasting
+/-	beperkte aantasting

- 1): humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)
- 2): sterk zandige klei (depot Berkel 2)
- 3): zwak zandige tot zwak siltige klei (standaard Wilck en Wiericke, depot Berkel 3)
- 4): matig zandige klei (depot Berkel 1)
- 5): ontwikkeling van de vegetatie in het eerste jaar na aanleg

### 5.2.2 UITVOERING

De in het buitentalud verwerkte grond is aangedrukt met de bak van de kraan. Deze verdichtingen zijn, zoals in de praktijk gebruikelijk is, niet laagsgewijs maar na het aanbrengen van de volledige laagdikte uitgevoerd. Daardoor is de mate van verdichting niet optimaal. Vermoedelijk heeft een sterkere verdichting van de opgebrachte grond een positief effect op de erosiebestendigheid van de grond.

### 5.2.3 VEGETATIE

De proefvakken zijn ingezaaid (september 2004) met een weidemengsel. Tot aan de zomer van 2005 heeft de vegetatie zich maar matig ontwikkeld. Gedurende het eerste jaar is er sprake geweest van een open vegetatie. Vooral op de schralere delen heeft het lang geduurd voordat een gesloten vegetatiedek is ontstaan. De ontwikkeling van de vegetatie is in de vakken 3 en 5, waar bovengrond (depot Berkel 3, standaard Wilck en Wiericke) is verwerkt, duidelijk beter dan in de vakken waar gerijpte grond uit de onderlagen is verwerkt. Verschillen komen vooral tot uiting in een snellere opkomst en uitstoeling van de vegetatie.

De kade is gedurende de proefperiode niet beweid en incidenteel gemaaid. Consequentie hiervan is dat zich in de zomermaanden een hoge veelzijdige vegetatie heeft kunnen ontwikkelen. Daardoor is de dichtheid van de vegetatie sterk verminderd. Enigszins afhankelijk van de dichtheid van de onderliggende grasvegetatie, heeft dit na uitvoering van maaiwerkzaamheden een gedeeltelijke kaalslag tot gevolg gehad.

Als gevolg van de op de kade achtergelaten maairesten (na het schonen van de waterloop) is de vegetatie ter plaatse afgestorven. Onder de beschutting van de maairesten is een actief bodemleven tot ontwikkeling gekomen, wat van invloed is op de bodemstructuur.

### 5.2.4 BUITENTALUD MET VOOROEVER

Een (smalle) vooroever (vakken 4 en 5) biedt een afdoende bescherming van het buitentalud. Na de aanleg van de proefvakken is op de overgang van de vooroever en de waterloop enige mate van erosie opgetreden. Dit proces is versterkt door de uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden (schonen van de waterloop). Maar door een voortgaande ontwikkeling van de vegetatie blijft de vooroever voldoende bescherming bieden aan het buitentalud van de kade.

Door de uitbraak van vee (kort nadat de kade was ingezaaid) is het buitentalud op diverse plaatsen door vertrapping beschadigd. Langdurige waterstagnatie in de pootafdrukken maakt dat de bodem verweekt en het draagvermogen (stevigheid) van het talud sterk afneemt. Dit alles verhoogt de kwetsbaarheid van de opgebrachte grond.

### 5.2.5 BUITENTALUD ZONDER VOOROEVER

In de vakken waar geen vooroever aanwezig is (vakken 1 t/m 3), is op de waterlijn een duidelijke aantasting van het buitentalud waar te nemen. Al in de eerste maanden na aanleg is er sprake van erosie rond de waterlijn, waardoor in eerste instantie een steilrandje ontstaat van 5 à 10 cm hoogte. Onder invloed van een voortgaand erosieproces groeit het steilrandje tot 10 à 20 cm.

Onder andere door verweking van de grond rond de waterlijn en een afname van de bindingskrachten tussen de bodemdeeltjes is de grond relatief kwetsbaar. Ter plaatse van het vak met erosiebestendige klei (vak 1) is sprake van enige uitholling op de waterlijn, terwijl ter plaatse van de overige vakken met meer zandige klei een steilrand ontstaat en vervolgens een geleidelijke afvlakking van het talud. Ondanks de verschillen tussen de waargenomen processen

is de mate van aantasting ter plaatse van het buitentalud ongeveer vergelijkbaar. De mate van aantasting is blijkt dus niet primair afhankelijk te zijn van de aard van de toegepaste grond. Het geërodeerde materiaal wordt aan de onderzijde van het talud en net onder de waterlijn weer afgezet, als gevolg waarvan een soort 'plasberm' ontstaat. Na verloop van tijd raakt deze 'plasberm' begroeid; er ontstaat een min of meer natuurlijke vooroever, waardoor het buitentalud in belangrijke mate wordt beschermd tegen erosie.

### 5.2.6 KRUIJN

Ter plaatse van vak 2 met relatief zandige grond is in de eerste jaren (2004 en 2005) in sterkere mate sprake van verslemping aan het oppervlak. Door een snelle ontwikkeling van een gesloten vegetatie kan de verslemping in belangrijke mate worden tegengegaan.

Op de kruin van alle proefvakken is schade ontstaan als gevolg van vertrapping door rundvee (uitgebroken). Daardoor is de kruin zeer kuilig geworden. De draagkracht van de opgebrachte grond is niet voldoende voor beweiding van de kaden met grootvee.

### 5.2.7 BINNENTALUD

Vooraf aan de onderzijde van het talud zijn mollen actief geweest; in de bovenlaag bevinden zich vele mollengangen. Verder is het binnentalud niet beïnvloed door de uitgevoerde werkzaamheden (kadeverbetering).

## 5.3 ANALYSE RESULTATEN DOESPOLDERKADE

### 5.3.1 TOTAALOVERZICHT

Tabel 5.2 geeft een vereenvoudigde samenvatting van de resultaten van de monitoring. In de onderstaande paragrafen worden de resultaten nader geëvalueerd.

TABEL 5.2 SAMENVATTING RESULTATEN MONITORING DOESPOLDERKADE (PERIODE 2004 – 2007)

Vaknummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Oeververdediging	betuining met vooroever				betuining zonder vooroever			
Beoordeling klei	eb <sup>1)</sup>	web <sup>2)</sup>	web <sup>3)</sup>	eb <sup>4)</sup>	eb <sup>4)</sup>	web <sup>2)</sup>	web <sup>3)</sup>	eb <sup>1)</sup>
Vegetatie buitentalud <sup>5)</sup>	-	-	-	+	-	-	-	+
Betuining	-	-	-	+	+	+	+	+
Vooroever	-	-	-	+	nvt	nvt	nvt	nvt
Buitentalud	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+
Kruin	+	+	+	+	+	+	+	+

eb = erosiebestendige klei

web = weinig erosiebestendige klei

-	Aantasting / kwaliteit betuining
+	nauwelijks of geen aantasting / kwaliteit betuining
+/-	beperkte aantasting / kwaliteit betuining

- 1): zwak zandige tot zwak siltige klei (standaard De Oude Rijnstomen, depot Lisse)
- 2): matig zandige klei (depot Berkel 1)
- 3): sterk zandige klei (depot Berkel 2)
- 4): humeuze sterk siltige klei (depot Linschoten)
- 5): ontwikkeling vegetatie in de eerste drie maanden na aanleg van de kades

### 5.3.2 UITVOERING

In verband met de beschikbaarheid van de grond uit de verschillende depots, is ervoor gekozen om nog net voor de vakantieperiode, maar ook voordat de vooroevers waren aangebracht, de grond in enkele proefvakken te verwerken. Door het ontbreken van een afdoende bescherming van het buitentalud zijn in de vakantieperiode delen van de buitentaluds weggeslagen. Niet beschermde delen van het buitentalud blijken dus kwetsbaar te zijn.

In eerste instantie is ter plaatse van vak 5 (proefvak met erosiebestendige klei) geen betuining geplaatst. Geconstateerd is dat, ook afhankelijk van de mate van verdichting van de grond, de in het buitentalud verwerkte grond makkelijk erodeert als er geen sprake is van een adequate bescherming. In een periode van 3 à 4 weken was de aangebrachte grond volledig weggeslagen als gevolg van de golfwerking veroorzaakt door de recreatievaart. Om herhaling te voorkomen is vervolgens een betuining geplaatst en de grond opnieuw aangebracht.

De in het buitentalud verwerkte grond is aangedrukt met de bak van de kraan. Deze verdichtingen zijn, zoals gebruikelijk, niet laagsgewijs maar na het aanbrengen van de volledige laagdikte uitgevoerd. Daardoor is de mate van verdichting niet optimaal.

### 5.3.3 VEGETATIE

De ontwikkeling van de vegetatie in de vakken waar bovengrond (vak 1 en 8, volgens standaard Oude Rijnstromen) is verwerkt, is beter dan in de vakken waar gerijpte grond uit de onderlagen is verwerkt (vooral vakken 2, 3, 6 en 7). Verschillen komen tot uiting in een snellere opkomst, uitstoeing en groei van de vegetatie. Vooral op de schralere zandige gronden heeft het lang geduurd voordat een gesloten vegetatiedek is ontstaan. Mogelijk is deze achterblijvende ontwikkeling mede het gevolg van bodemvormende processen.

Vermoedelijk is de ontwikkeling negatief beïnvloed doordat graszaad is verwaaid en weggespoeld. Ook de waargenomen verslemping van de bovenlaag (vooral vakken 2, 3, 6 en 7) heeft een nadelig effect gehad op de ontwikkeling van een gesloten vegetatie.

Daarnaast blijken beheermaatregelen duidelijk van invloed te zijn op de ontwikkeling van de vegetatie. Het laten uitgroeien van de kruidenvegetatie heeft tot gevolg dat de dichtheid sterk afneemt en er na maaiwerkzaamheden een vrijwel kale kade en dus relatief kwetsbare kade resteert. Dit effect blijkt kleiner te zijn indien de kade met regelmaat wordt gemaaid of wordt begraaasd door schapen.

### 5.3.4 BETUINING

Ter bescherming van de vooroever en/of het talud is een betuining geplaatst. Bij de vakken met een vooroever (vakken 1 t/m 4) is een min of meer open constructie toegepast, bestaande uit een dubbele palenrij en een kern van wilgentenen. De hoogte van de betuining (takkenbossen) ter plaatse van de vakken 1, 2 en 3 blijkt onvoldoende te zijn om bescherming van de vooroever en talud te bieden. Zodra de kern van de betuining boven het gemiddeld waterpeil ligt (vak 4) biedt de betuining een voldoende bescherming om (volledige) afkalving van de vooroever en aantasting van het buitentalud tegen te gaan.

Waar geen vooroever is toegepast, is een traditionele betuining aangebracht (vakken 5 t/m 8) bestaande uit een palenrij (h.o.h. 0,50 m), een plank en een geotextiel. Geconstateerd is dat deze vorm van oeververdediging gedurende de eerste drie jaar na uitvoering van de onderhoudswerkzaamheden (nog) een prima bescherming biedt tegen aantasting van het buitentalud. Voorwaarde is echter dat de betuining op het juiste niveau is afgewerkt, dus zodanig dat de gemiddelde golfloop niet boven de betuining uitkomt.

### 5.3.5 VOOROEVER

De vooroever is aangevuld met uit de Does gewonnen specie. Behalve een grote hoeveelheid vreemde materialen (puin en afval), is het een kleiige en humeuze, niet gerijpte (vezadigde) specie. Door het hoge vochtgehalte zijn de bindingskrachten tussen de bodemdeeltjes gering. Onder invloed van een geringe waterbeweging gaat de onderlinge samenhang verloren, met als gevolg dat de niet beschermde delen vrij snel zijn weggespoeld (tot ongeveer 0,10 m à 0,15 m onder de waterlijn).

Uit de profielschetsen (zie CD-bijlage 2.6) blijkt dat in de vakken 1 t/m 3 sprake is van de meeste aantasting van de vooroever. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in deze vakken de betuining te diep in het water staat, waardoor de golven onvoldoende worden gebroken. Dit effect wordt versterkt door het feit dat zich in de vooroever maar moeizaam een vegetatie is gaan ontwikkelen.

Door het planten van rietstekken is getracht de vegetatieontwikkeling iets te bevorderen. Pas in het laatste jaar van de proefperiode heeft zich ter plaatse van de vooroever een (riet)vegetatie ontwikkeld. Hierbij blijkt dat de voortgaande ontwikkeling van de vegetatie leidt tot een zeker 'herstel' van de vooroever.

### 5.3.6 BUITENTALUD

Een goede vooroever heeft een beschermend effect op het buitentalud, zeker als deze is voorzien van een dichte oevervegetatie (met o.a. riet). Zodra de gehele vooroever is weggeslagen, is het buitentalud echter kwetsbaar (zie vak 1). Er treedt aantasting op van het talud op de waterlijn doordat het water het buitentalud zonder al te veel belemmeringen kan bereiken. Onder invloed van het boezemwater worden bodemdeeltjes losgeweekt en getransporteerd. Golfbewegingen veroorzaakt door wind en recreatievaart versterken dit proces. Wanneer er structuurvorming (beïnvloed door vorst en plantenwortels) heeft plaatsgevonden, zijn de effecten het grootst. Na Scheurvorming kan het water gemakkelijk tussen de structurelementen ("brokken" grond) komen. De brokken grond worden daarbij losgeweekt en vallen in het water. Bij weinig erosiebestendige grond (lagere lutumgehalten) is minder sprake van structuurvorming, waardoor bovengenoemd proces in mindere mate optreedt.

De verschillen in aantasting tussen de vakken met weinig erosiebestendige klei (vakken 2, 3, 6 en 7) en erosiebestendige klei (de vakken 1, 4, 5) zijn beperkt, doordat andere factoren (hoogte betuining, wel/geen vooroever en vegetatie) een belangrijkere rol spelen.

Als eerste bescherming van het buitentalud fungeert de betuining. Bij een voldoende hoge betuining treedt geen afkalving van de vooroever op, waardoor het buitentalud niet aan golfslag wordt blootgesteld. Na de betuining (vakken 1-4) fungeert de vooroever als beschermende factor. De aanwezigheid van een vooroever voorkomt dat de teen van het buitentalud aan golfslag wordt blootgesteld. Wanneer de vooroever is aangetast, wordt ook het buitentalud aan golfwerking blootgesteld en kan erosie optreden. De mate waarin en de wijze waarop het buitentalud erodeert wordt bepaald door de kwaliteit van de toegepaste grond. Als "over-all" factor in de bescherming van de kade fungeert de vegetatie. Een sterke begroeiing van de vooroever en het talud beperkt de erosie. De kwaliteit van de toegepaste grond speelt dan een ondergeschikte rol.

Bij de vakken 5 t/m 8, waar geen vooroever is aangelegd treedt weinig erosie op doordat het talud door de aanwezige betuining (ca 0,10 m boven boezempeil), niet of nauwelijks is blootgesteld aan golfslag. Ook hier speelt de kwaliteit van de toegepaste grond een ondergeschikte rol.

Bij vak 8 is vrijwel geen erosie opgetreden omdat daar een gesloten vegetatiedek voor extra bescherming zorgt.

### 5.3.7 KRUIJN

De kwaliteit / samenstelling van de op de kruin van de kaden verwerkte klei blijkt met name bepalend te zijn voor de ontwikkeling van de vegetatie. Meer zandige grond blijkt eerder te verslempen en daardoor minder kans te bieden voor een goede en snelle ontwikkeling van de vegetatie. Daarnaast is een betere vegetatieontwikkeling waargenomen in de proefvakken waar bovengrond is verwerkt (vakken 1 en 8).

### 5.3.8 BINNENTALUD

De teen van het binnentalud is over het algemeen zeer drassig en daardoor weinig draagkrachtig. Met name in de wintermaanden zijn aan de binnenzijde hoge waterstanden (tot aan maaiveld) gemeten.

In de zomer van 2007 is het weideperceel ter hoogte van de vakken 1 t/m 3 opgehoogd met grond. Hierdoor zijn de toegangsweg en de teen van de kade relatief laag komen te liggen, met als gevolg dat er met een nog grotere regelmaat sprake zal zijn van plasmvorming op de weg en in de bermen.

## 5.4 ERODERENDE PROCESSEN

### 5.4.1 TALUD MET EROSIEBESTENDIGE KLEI

Bij het beschrijven van de eroderende processen is onderscheid gemaakt in twee taludzones:

- het talud boven de waterlijn;
- het talud ter hoogte van de waterlijn.

#### TALUD BOVEN DE WATERLIJN

Op een niet begroeid talud droogt de klei uit onder invloed van zon en wind. Door dit drogen en vervolgens weer bevochtigen treedt scheurvorming op waarbij uiteindelijk, samen met biologische activiteit aan het oppervlak een laagje afgeronde granulairen met een diameter van maximaal 1 cm ontstaat. Dit is een rul laagje ter dikte van circa 1 à 2 cm welke gemakkelijk erodeert onder invloed van wind, regen en zwaartekracht. De structuurvorming is hoger op het talud sterker dan onderin het talud (net boven de waterlijn), waar invloed van optrekend grondwater en spatwater of golfoverslag nog merkbaar is (grond wordt zelden droog).

De kans op erosie aan het talud blijkt aanzienlijk kleiner te zijn als de dichtheid van de vegetatie toeneemt. Door de begroeiing is de directe aantasting op de bovengrond aanzienlijk kleiner en bovendien worden de ontstane structurelementen door de beworteling bijeengehouden.

#### TALUD TER HOOGTE VAN DE WATERSPIEGEL

Ter hoogte van de waterspiegel wordt het talud mede aangetast door stroming en golfslag. Na het ontstaan van een steilrand heeft afkalving, afslag en uitspoeling van bodemdeeltjes plaats waardoor na verloop van tijd een (vrij diepe) insnijding in het talud ontstaat. Deze insnijding is mede afhankelijk van de toegepaste klei (cohesiviteit, gemengde grond) en de mate van verdichting. Ook blijkt dat de mate van aantasting mede afhankelijk is van de dichtheid van de vegetatie en de taludhelling. Zo blijkt een onbegroeid en steil talud relatief kwetsbaar te zijn.

In situaties met een vast waterpeil en dus een continue belasting van het buitentalud, spelen twee processen en rol, namelijk:

1. dispersie en suspensie van kleideeltjes door de continue aanwezigheid van water. Gedispergeerde kleideeltjes worden meegevoerd met het water, waardoor het talud op de waterlijn wordt ondergraven. Op een gegeven moment vallen brokken grond in het water (nastort);
2. erosie door golfslag. Door golfslag wordt bovengenoemde proces versterkt, waarbij ook afslag boven de waterlijn optreedt.

FIGUUR 5.4 VOORBEELDEN VAN ONDERGRAVING OP DE WATERLIJN



KLEIKADE VAK 1, 12-06-2007



KLEIKADE VLAK 3, 13-09-2007

Het verloop van de processen die vooral bij vakken met erosiebestendige grond zijn waargenomen, wordt versterkt door golfbewegingen veroorzaakt door wind en recreatievaart.

Dit traject van het talud is over het algemeen vrij kaal (weinig begroeiing) en daardoor ook kwetsbaar. Bij een goed ontwikkelde vooroever met een gesloten oevervegetatie is de aantasting van het talud aanzienlijk kleiner en beheersbaar.

#### 5.4.2 TALUD MET WEINIG EROSIEBESTENDIGE KLEI

Na aanleg treedt spoedig verslemping van het materiaal op. De weinig erosiebestendige klei is door het relatief hoge zandgehalte minder cohesief waardoor het oppervlak door regenval sneller dichtslaat. De begroeiing blijft achter omdat door de verslemping de uitwisseling van bodemlucht wordt bemoeilijkt.

Het via de kale taluds afstromende water neemt gronddeeltjes mee, waardoor erosiegeulen ontstaan. De meegevoerde granularen worden aan de onderzijde van het talud weer afgezet.

Ter hoogte van de waterspiegel ontstaan steilrandjes (soms getrapt). In een fase van rustig water ontstaan krimpscheurtjes ter hoogte van de steilrand. Later ontstaat een structuur met scherpe blokjes welke weer door weerinvloeden worden afgerond. Omdat de taludstrook boven het waterniveau vrij kaal is (ontbreken beworteling) heeft gemakkelijk erosie van de ontstane structurelementen door het water plaats. Als gevolg van een zeer geleidelijke ontmenging en afzetting van zand en kleideeltjes is sprake van een geleidelijk verlopende afkalving en geen uitholling van het talud op de waterlijn. Ter plaatse van de laag belaste kade bezinken de geërodeerde klei- en zanddeeltjes aan de onderkant van het talud, waardoor een min of meer natuurlijke vooroever ontstaat. Na verloop van tijd raakt deze vooroever begroeid. Deze begroeiing geeft de kade een extra bescherming.



# 6

## BESCHOUWING ONDERZOEKSRESULTATEN

### 6.1 UITVOERINGSASPECTEN

De in de kaden verwerkte grond is aangedrukt met de bak van de kraan nadat alle grond in het gewenste profiel is aangebracht. Er is geen sprake geweest van een laagsgewijze verdichting, met als gevolg dat het opgebrachte profiel zeker niet optimaal is verdicht. Extra aandacht voor het verdichten van de grond tijdens de uitvoering heeft naar verwachting een positief effect op de erosiebestendigheid van de opgebrachte grond.

Bepalend voor de kwetsbaarheid van de kade tijdens de uitvoering is de volgorde waarin de werkzaamheden worden uitgevoerd. Door eerst beschermende voorzieningen aan te brengen, is aantasting van het kadeprofiel grotendeels te voorkomen. Vooral in de beginperiode is een (onbegroeide) kade, zeker in een hoog belaste situatie, als zeer kwetsbaar te bestempelen. De ervaring leert dat nieuw aangebrachte en onvoldoende verdichte grond in een periode van enkele weken volledig kan eroderen. Een goed gesloten (bestaande) oevervegetatie zal bijdragen dat het buitentalud eventuele golfaanvallen op de kade beter doorstaat en levert de noodzakelijke extra bescherming.

### 6.2 PRIMAIRE PROCESSEN EN FACTOREN

De uitgevoerde monitoring heeft een beter inzicht opgeleverd in zowel de erosieprocessen (de wijze waarop erosie optreedt) als de factoren die op de erosieprocessen van invloed zijn. In deze paragraaf zijn de primaire processen nader beschreven en toegelicht.

Erosieprocessen vinden op het buitentalud plaats, vooral in de zone die in direct contact staat met het water. Erosie van betekenis is zichtbaar wanneer geen afdoende bescherming van het buitentalud aanwezig is. Het blijkt dat structuurvorming van de grond een belangrijke factor is. Bij structuurvorming treden scheuren op in de grond (veroorzaakt door droogte en vorstwerking) en ontstaan poriën door activiteiten van bodemleven (wormen, e.d.). Door deze structuurvorming is de grond kwetsbaarder voor erosie. Enerzijds omdat er via de scheuren in de grond een groter contactoppervlak met het water ontstaat en anderzijds doordat de grond met "brokken" tegelijk (ontstaan t.g.v. structuurvorming) in het water valt (nastort). Dit proces speelt vooral bij erosiebestendige grond met een sterke structuurvorming.

In *hoog belaste situaties* is het buitentalud zonder een afdoende verdediging zeer kwetsbaar. In één van de vakken was de in het buitentalud verwerkte grond (erosiebestendige klei) al in enkele weken nadat de grondaanvulling had plaatsgevonden door oeverafslag volledig geërodeerd. Dit betekent dat het toepassen van erosiebestendige grond geen afdoende bescherming biedt van het talud. Een oeververdediging is dan noodzakelijk om extreme afkalving van het buitentalud in de aanlegfase te voorkomen.

Daar waar het talud wordt beschermd door een gesloten oevervegetatie, een waterkerende betuining of een betuining blijkt de erosie aan het buitentalud gering te zijn. Mede afhankelijk van het te voeren beheer is de kade vooral in de eerste jaren na het herstel van het buitentalud (uitvoering van grondwerken) relatief kwetsbaar. De invloed van het water wordt minder zodra er zich op de overgang tussen het water en de kade een oevervegetatie heeft kunnen ontwikkelen. Deze vegetatie biedt een extra bescherming van het talud, waardoor de kwaliteit van de betuining minder van belang is; in zekere zin neemt de oevervegetatie de rol van de oeververdediging over.

Het minst kwetsbaar zijn de kaden met een *lage hydraulische belasting*. Door wisselende waterstanden en golfslag is ook ter plaatse van de proefvakken zonder een vooroever enige afslag waarneembaar op de waterlijn, waardoor een klein steilrandje ontstaat. Bij meer erosiebestendige grond is sprake van enige uitholling van het talud rond de waterlijn. Van het in aangebrachte profiel is van het buitentalud een 0,30 à 0,50 m weggespoeld. Doordat de geërodeerde grond veelal net onder de waterlijn weer is afgezet, ontstaat een min of meer natuurlijke vooroever. Onder gunstige omstandigheden kan er op deze 'onderwaterberm' een smalle oevervegetatie tot ontwikkeling komen. De verwachting is dat de vegetatiestrook zich zodanig zal ontwikkelen (rietachtige vegetatie) dat deze voor een afdoende bescherming van het buitentalud kan zorgen. Daardoor is een verdergaande aantasting van het talud te voorkomen. De opgetreden schade is beheersbaar. Er is in principe geen aanvullende oeverbescherming (betuining en/of vooroever) nodig om een laag belaste kade in stand te houden.

### 6.3 SECUNDAIRE FACTOREN

Het verloop van de erosieprocessen blijkt afhankelijk te zijn van diverse secundaire factoren. Enkele bepalende factoren zijn hieronder nader toegelicht.

De relatief flauw afgewerkte taluds (vanaf 1:3) zijn minder kwetsbaar. Dit is te verklaren doordat de ontstane golven makkelijker over het talud kunnen uitrollen en de taluds eerder begroeid raken. Ook de via het talud afstromende neerslag zal minder snelheid ontwikkelen en dus ook minder erosie in het talud veroorzaken.

Erosie wordt versterkt door bodemleven dat rond het waterniveau aanwezig is. Door de activiteit van wormen e.d. ontstaat een poriënstructuur, waardoor het water makkelijker het talud kan binnendringen, de grond verweekt en onderlinge bindingskrachten verliest. Daardoor kan de grond al bij een geringe waterbeweging in suspensie wordt gebracht.

De activiteit van het bodemleven is overigens veelal kleiner naarmate de bodem beter is verdicht.

De vegetatie heeft een sterk beschermend effect tegen erosie. Door de vegetatie wordt de golfslag afgeremd en bovendien zorgt de beworteling van de vegetatie voor het vasthouden van de bodemdeeltjes in de vooroever en in het talud.

Bescherming van het talud en de vooroever door een goede gesloten vegetatie biedt goede randvoorwaarden om erosie tegen te gaan.

Opmerkelijk is dat het erosieproces ook wordt beïnvloed door de aanwezigheid van maaires-ten. In aanvang hebben de maaires-ten een beschermend effect tegen erosie. Maar nadat de maaires-ten zijn verteerd, is ook de oorspronkelijke vegetatie grotendeels verdwenen (verrot). Daarnaast bieden de maaires-ten een gunstig milieu voor het bodemleven (wormen, muizen,

woelratten, e.d.). Als gevolg van de graafactiviteiten ontstaat er een bodemoppervlakte met een vrij diepe, zeer open structuur met veel granulairen van verschillende grootte. Door de zeer open structuur en het ontbreken van een beschermende vegetatie is de bodem ter plaatse kwetsbaar en (afhankelijk van de belastingsituatie) dus ook gevoelig voor erosie.

De aanwezigheid van wormen e.a. trekt mollen aan. Mollen zijn vooral op de kruin en het binnentalud en soms ook in het buitentalud van de Kleikade waargenomen. Ook komen mollen voor op de Doespolderkade. Aan het einde van vak 8 is een mollengang direct achter de betuining waargenomen.

De grond rond mollengangen- en molshopen en de grond uit andere hopen (woelrat) bestaat uit losse structurelementen. Deze losse grond en de aanwezige gaten kunnen onder invloed van een geringe waterbeweging eroderen, en vormen dus kwetsbare plekken in een kade.

#### 6.4 SCHADE BEPALENDE FACTOREN

Op basis van de uitgevoerde pilot is, gebaseerd op de hydraulische situatie en de inrichting van de proefvakken, een analyse gemaakt van de meest erosiebepalende factoren. In tabel 6.1 is een samenvatting gegeven van de verschillende factoren die van invloed zijn op de mate van erosie van het talud.

TABEL 6.1 BEPALENDE FACTOREN

Kade	Hydraulische belasting	Betuining	Vooroever	Type grond	Vak	Aantasting talud <sup>1)</sup>
Doespolderkade	hoog	Matig	ja	erosiebestendig	1	***
		Matig	ja	weinig erosiebestendig	2	**
		Matig	ja	weinig erosiebestendig	3	**
		Goed	ja	erosiebestendig	4	-
		Goed	nee	erosiebestendig	5	*
		Goed	nee	weinig erosiebestendig	6	*
		Goed	nee	weinig erosiebestendig	7	**
		Goed	nee	erosiebestendig	8	-
Kleikade	laag	Geen	nee	erosiebestendig	1	***
			nee	weinig erosiebestendig	2	***
			nee	erosiebestendig	3	**
			ja	weinig erosiebestendig	4	-
			ja	erosiebestendig	5	-

Meest bepalende factoren voor de opgetreden erosie van het buitentalud:

	betuining
	kwaliteit toegepaste grond
	aanwezigheid vooroever

- 1) mate van aantasting  
 - geen aantasting  
 \* geringe aantasting  
 \*\* matige aantasting  
 \*\*\* veel aantasting

Ter plaatse van de Doespolderkade is sprake van een hoge hydraulische belasting. Daarom is bij deze kade een oeververdediging toegepast. Gebleken is dat de mate van de aantasting van het talud hoofdzakelijk wordt bepaald door de kwaliteit en vooral ook de hoogte van de betuining ten opzichte van de waterspiegel. Een combinatie van een slechte (te lage) betuining met vooroever levert een beperkte aantasting op van het buitentalud. Een combinatie van een goede betuining met een vooroever geeft geen erosie van het buitentalud. De kwaliteit van de in het buitentalud toegepaste grond speelt hierbij een ondergeschikte rol.

Bij een goede betuining zonder vooroever treedt ook in beperkte mate erosie op van het buitentalud. De mate van aantasting is in zekere zin afhankelijk van de kwaliteit van de grond. Zo is in vak 8, waar erosiebestendige klei is gebruikt, geen sprake van aantasting van het talud, terwijl dat in de andere vakken waar minder erosiebestendige klei is toegepast wel het geval is. Ter plaatse van de vakken met weinig erosiebestendige klei is in de eerste jaren direct boven de betuining een vlakrand ontstaan (maximaal 0,15 m). In het laatste jaar is de vlakrand begroeid geraakt. Deze begroeiing biedt inmiddels een afdoende bescherming van het buitentalud (gedeelte boven de betuining). Na verloop van tijd kan de vegetatie een belangrijke bijdrage leveren aan de bescherming van het talud.

Bij de Kleikade waar sprake is van een lage hydraulische belasting, is geen oeververdediging aangebracht. Hier wordt de mate van aantasting van het talud bepaald door het wel of niet aanwezig zijn van een vooroever. Als er geen vooroever aanwezig is, treedt erosie van het buitentalud op. De kwaliteit van de toegepaste grond speelt hierbij een ondergeschikte rol.

## 6.5 EINDOORDEEL MONITORING BOEZEMKADEN

Afhankelijk van de hydraulische belasting op de kade kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

### HOOG BELASTE BOEZEMKADEN:

- in niet beschermde situaties (geen vooroever en geen betuining) is een snelle erosie aan het buitentalud te verwachten bij toepassing van niet verdichte klei;
- de kwaliteit van de oeverbescherming (vooral hoogte van de betuining) is bepalend voor de mate van erosie;
- een gesloten oevervegetatie kan de bescherming van het buitentalud overnemen, zolang de hydraulische belasting niet te hoog is;
- een snelle ontwikkeling van een gesloten vegetatie op het buitentalud van de kade is zeer wenselijk. Het ontwikkelen van een gesloten oevervegetatie kost echter tijd. Een voldoende lange onderhoudsperiode, waarin lichte schade snel wordt hersteld kan hierbij van groot belang zijn;
- in het geval dat de vegetatie zich nog niet voldoende heeft kunnen ontwikkelen, biedt erosiebestendige klei extra bescherming tegen aantasting (erosie) van het talud.

### LAAG BELASTE BOEZEMKADEN:

- de mate van aantasting (van nieuwe taluds) als gevolg van erosie is relatief beperkt;
- er is geen significant verschil tussen toepassing van erosiebestendige en weinig erosiebestendige klei;
- een (bestaande en te handhaven) vooroever biedt een extra beschermende werking;
- in geval van een nieuw gevormd buitentalud zonder vooroever kan er na verloop van tijd een natuurlijke vooroever ontstaan.

Refererend aan de doelstelling van het praktijkonderzoek, 'Het op basis van praktijkervaringen en praktijkproeven verifiëren van de fysische kwaliteitseisen voor grond voor toepassing in permanent kerende boezemkaden, in samenhang met de hydraulische belasting op de kaden en het al dan niet toepassen van een oeververdediging', is op basis van de monitoring van de proefvakken de volgende conclusie afgeleid:

*De kwaliteit van de toegepaste klei speelt een ondergeschikte rol bij de bescherming van de buitentaluds van de boezemkaden. Bepalende factoren zijn de belastingsituatie en het type en de kwaliteit van de oeververdediging*

Mede afhankelijk van de golfhoogte kan ook op hoog belaste kaden zowel meer als minder erosiebestendige kleigrond worden toegepast. Voorwaarde is dat de kade wordt beschermd door een op de situatie afgestemde oeververdediging, al dan niet voorzien van een vooroever.

Op laag belaste kaden is sprake van een beheersbare situatie en kan de te ontwikkelen (oever)vegetatie bescherming bieden aan het buitentalud. Daarom is er op laag belaste kaden ruimte voor het gebruik van zowel weinig erosiebestendige als erosiebestendige klei.

# 7

## AANBEVELINGEN

### 7.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk worden op basis van de resultaten van het onderzoek aanbevelingen gedaan met betrekking tot het beheer en onderhoud van boezemkaden. Hierbij komen de volgende aspecten aan de orde:

- uitvoering van kadewerkzaamheden;
- richtlijnen voor uitvoering van herstelwerkzaamheden op boezemkaden:
  - fysische eigenschappen van de te verwerken grond;
  - oeververdediging;
- kadeprofiel;
- vegetatie;
- beheer en onderhoud.

### 7.2 VOORBEREIDING EN UITVOERING VAN KADEWERKZAAMHEDEN

#### 7.2.1 UITVOERINGSASPECTEN

Zonder een goede oeververdediging zal het buitentalud op kaden met een hoge hydraulische belasting snel eroderen. Om de kans op verstoring van de pas verwerkte grond te voorkomen, wordt geadviseerd om bij kaden met een hoge hydraulische belasting eerst een oeververdediging (betuining) aan te brengen voordat de in de kadeverbetering te verwerken grond wordt aangebracht. Deze betuining zorgt ervoor dat de golven worden gebroken en daarmee de invloed op de nog kwetsbare kade wordt beperkt. Voor een optimaal resultaat dienen de grondwerken onder droge weer- en terreinomstandigheden te worden uitgevoerd.

Eventuele problemen kunnen worden geminimaliseerd door vooronderzoek (geotechnisch onderzoek) te verrichten en de werkzaamheden goed voor te bereiden. Minimaal te beschrijven aspecten zijn:

- de te verrichten werkzaamheden;
- de (minimale) kwaliteitseisen waaraan moet worden voldaan;
- de uitvoeringsperiode en planning (volgorde) van de werkzaamheden;
- de momenten waarop te verwerken materialen ter goedkeuring aan de directie moeten worden voorgelegd;
- de onderhoudstermijn na gereedkomen van de werkzaamheden.

Om het beoogde kwaliteitsniveau te kunnen waarborgen is een goede begeleiding van de werkzaamheden en regelmatig toezicht tijdens de uitvoering noodzakelijk.



### 7.2.2 VERDICHTING

Door een optimale verdichting van de grond zal erosiebestendigheid toenemen. Een optimaal resultaat wordt bereikt als de grond in lagen van maximaal 0,20 m wordt opgebracht en verdicht. Voor grotere grondaanvullingen (meer dan 0,50 m) geldt dat de grond in lagen van 0,20 m getrapt moet worden aangebracht en verdicht.

Rekening houdende met de groeiomstandigheden van de vegetatie, wordt geadviseerd om uit te gaan van de indringingsweerstand (bij gemiddelde weer en terreinomstandigheden) in de afdeklaag van niet meer dan 1,0 tot 1,4 MPa. Bij een hogere indringingsweerstand neemt de erosiebestendigheid weliswaar toe, maar vermindert de bewortelbaarheid van de grond.

FIGUUR 7.1 AANLEG VAN EEN BETUINING BIEDT GEDURENDE DE UITVOERING EEN EERSTE BESCHERMING VAN HET TALUD



DOESPOLDERKADE, 24-08-2004



DOESPOLDERKADE, 15-07-2004

### 7.2.3 ONDERHOUDSPERIODE

Aanbevolen wordt om na afwerking van de kade een onderhoudsperiode van 12 maanden te hanteren. In deze periode opgetreden plaatselijke erosieschade dient door de aannemer periodiek te worden hersteld.

## 7.3 RICHTLIJNEN VOOR UITVOERING VAN HERSTELWERKZAAMHEDEN OP BOEZEMKADEN

In deze paragraaf zijn op basis van de ervaringen en resultaten van voorliggend onderzoek enkele algemene richtlijnen geformuleerd voor de uitvoering van de beheertaken op de boezemkaden. Het onderzoek is uitgevoerd op twee als representatief aangemerkte kaden (onderverdeeld in 13 proefvakken). Ondanks de verscheidenheid aan belastingsituaties, grondsamenstelling en typen oeververdediging zijn niet alle mogelijke (belasting)situaties in het onderzoek betrokken. Mede daarom is bij het uitwerken van deze richtlijnen ook gebruik gemaakt van het in 2002 uitgebrachte praktijkonderzoek, de ervaringen van de beheerders en de in de diverse leidraden voor aanleg, beheer en onderhoud van boezemkaden opgenomen richtlijnen.

### 7.3.1 FYSISCHE KWALITEIT VAN GROND

De belastingsituatie, het type en de kwaliteit van de oeververdediging bepalen het belang van de erosiebestendigheid van de op de kaden te verwerken grond. Op kaden in laag belaste situaties kan, ook zonder oeververdediging, zowel erosiebestendige als weinig erosiebestendige klei worden toegepast. Bij toepassing van een goede oeververdediging en afhankelijk van de golfhoogte, kan ook op hoog belaste kaden zowel meer als minder erosiebestendige kleigrond worden toegepast. Voorwaarde is wel dat de vegetatie zich voldoende moet kunnen ontwikkelen.

Met betrekking tot het toepassen van baggerspecie dient rekening te worden gehouden met de rijpingsgraad van het materiaal. Gerijpte baggerspecie die ook aan de voorwaarden voor weinig erosiebestendige tot erosiebestendige klei (zie ook bijlage 3) voldoet, is in principe toepasbaar. Wel dient de grond vrij te zijn van vreemde bestanddelen en chemische verontreinigingen.

### 7.3.2 OEVERVERDEDIGING

Geadviseerd wordt om bij kaden met een hoge hydraulische belasting (invloed van golfwerking op het talud) te allen tijde een oeververdediging aan te brengen. Uit de proef blijkt dat de kaden met een relatief hoge hydraulische belasting kwetsbaar zijn, waarbij de toepassing van erosiebestendige klei geen afdoende voorwaarde is om een snelle afkalving van het talud tegen te gaan.

Indien absoluut geen erosie toelaatbaar is, wordt geadviseerd te kiezen voor een harde en 'bedrijfszekere' vorm van oeververdediging.

FIGUUR 7.2

DE KWALITEIT VAN DE BETUINING IS BEPALEND VOOR DE MATE VAN BESCHERMING VAN HET BUITENTALUD



DOESPOLDERKADE VAK 2, 26-04-2007

In het algemeen kan een oeververdediging, eventueel in combinatie met een vooroever, bestaan uit verschillende typen harde of zachte keringen. Voorwaarde is dat de toe te passen oeververdediging is afgestemd op de belastingssituatie. Deze is afhankelijk van de te verwachten golfhoogte als gevolg van scheepvaart of windsnelheden in combinatie met de karakteristieken van de boezem (o.a. strijklengte, breedte boezem, waterdiepte en kadeprofiel). Voor het bepalen van de golfhoogte kan gebruik worden gemaakt van de in de 'Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen - katern boezemkaden' opgenomen tabellen.

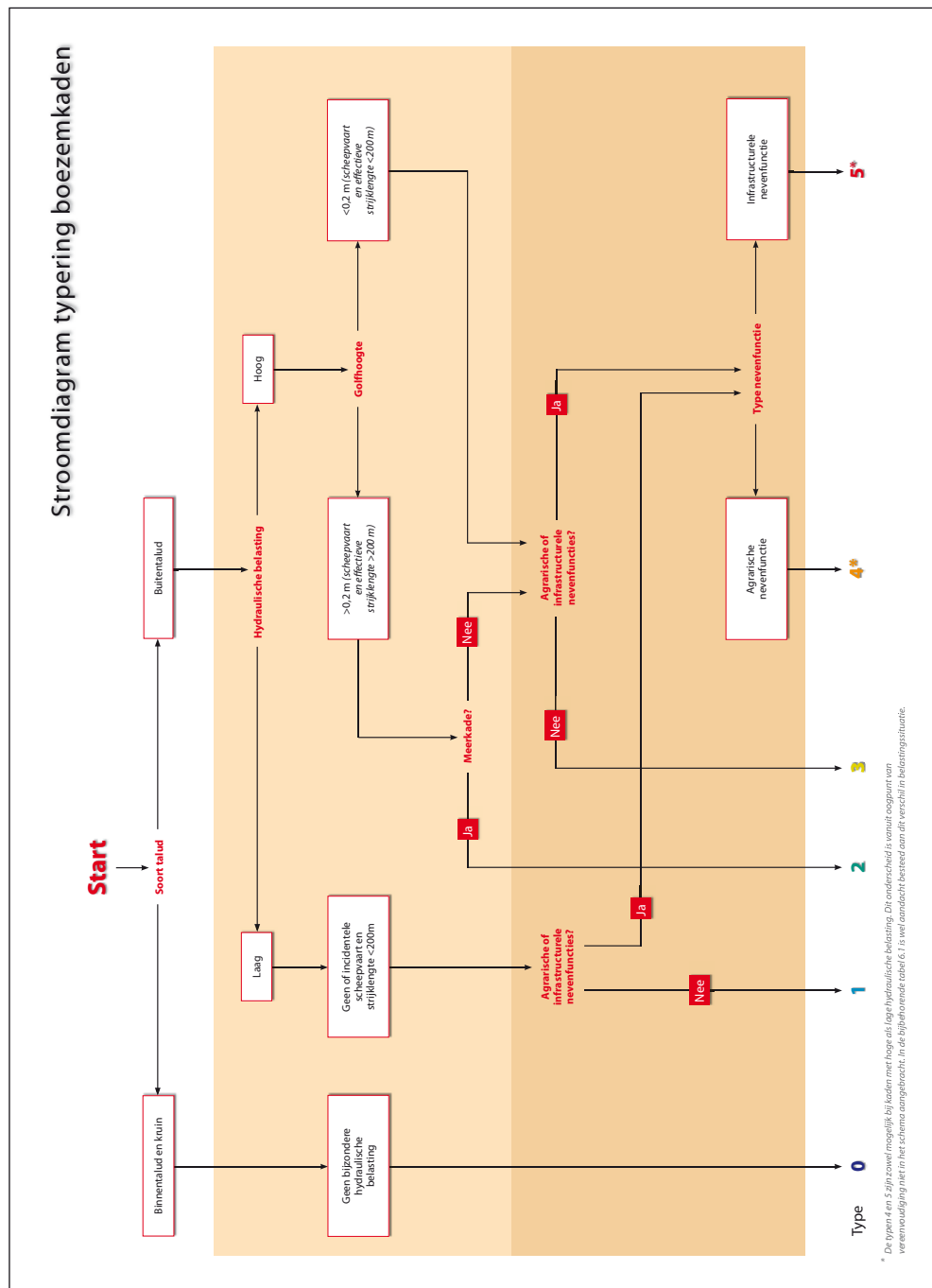
Bij laag belaste kaden is de toepassing van een oeververdediging niet noodzakelijk. In de eerste jaren na uitvoering kan er sprake zijn van enige aantasting van het talud, maar na verloop van tijd zal de op en voor het talud te ontwikkelen vegetatie voldoende bescherming bieden. Er is dan sprake van een beheersbare situatie.

### 7.3.3 TYPERING BOEZEMKADEN EN STROOMDIAGRAM

Gebaseerd op de belastingsituatie alsmede het ontwerp van het kadeprofiel zijn verschillende typen boezemkaden te onderscheiden. Per type kade zijn de karakteristieke kenmerken en de specifieke richtlijnen voor het al dan niet toepassen van erosiebestendige klei in relatie met een bepaald type oeververdediging vastgesteld. Voor het bepalen van de van toepassing zijnde typering is een diagram uitgewerkt. Het diagram en de bijbehorende tabel zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.3 en tabel 7.1. In de tabel zijn tevens enkele aanbevelingen opgenomen met betrekking tot het te voeren beheer en onderhoud op de kaden.

Een gedetailleerde kwalificatie van de minimale materiaaleigenschappen voor erosiebestendige en weinig erosiebestendige grond is opgenomen in tabel 1 van bijlage 3.

FIGUUR 7.3 STROOMDIAGRAM



TABEL 7.1

## TYPERING BOEZENKADEN

Type-aanduiding	Typering kade	Grondeigenschappen	Oeververdediging	Beheer en onderhoud
Type 0	Kruin en binnentalud.	Geen bijzondere materiaaleisen i.v.m. erosiebestendigheid. Geldt niet voor meerkaden.	n.v.t.	Handhaving van een gesloten vegetatie door maaibeheer of beweiding met schapen.
Type 1	Hydraulische belasting laag Geen nevenfuncties	Toepassen erosiebestendige klei is niet noodzakelijk bij normale onderhoudsfrequentie	Geen aanvullende oeververdediging noodzakelijk.	Maaibeheer of beweiding met schapen. Natuurlijke ontwikkeling oevervegetatie (voorover) stimuleren.
Type 2	Meerkaden, hoge belasting Speciale aandacht voor oeververdediging en golfverslag	Erosiebestendige klei toepassen in het buitentalud en tevens op de kruin en in het binnentalud	Harde oeververdediging (bv stortsteen) van - 0.5 tot +0.5 m stormwaterpeil. Eventueel met oeverbegroeiing (nietkraag)	Maaibeheer geadviseerd of beweiding met schapen bij talud 1:3. Geen beweiding toestaan met grootvee.
Type 3	Hydraulische belasting hoog Geen nevenfuncties.	Met oeververdediging is toepassing van erosiebestendige klei niet noodzakelijk	Een op de belastingsituatie afgestemde betuiming of beschoeiing (eventueel met voorover) toepassen.	Maaibeheer of beweiding met schapen. Geen beweiding toestaan op buitentalud met grootvee.
Type 4 - hoog	Hydraulische belasting hoog Agrarische nevenfunctie, hoofdzakelijk beweiding.	Toepassen erosiebestendige klei is wenselijk, maar niet noodzakelijk.	Een op de belastingsituatie afgestemde betuiming of beschoeiing (eventueel met voorover) toepassen. Drinkplaatsen voor vee aanleggen.	Geen beweiding toestaan op buitentalud (raster plaatsen). Maaibeheer of beweiding met schapen
Type 4 - laag	Hydraulische belasting laag Agrarische nevenfunctie, hoofdzakelijk beweiding.	Toepassen erosiebestendige klei is niet noodzakelijk.	Geen betuiming of beschoeiing noodzakelijk	Geen beweiding toestaan op buitentalud (raster plaatsen). Maaibeheer of beweiding met schapen. Ontwikkeling van oevervegetatie stimuleren.
Type 5 - hoog	Hydraulische belasting hoog. Infrastructurele nevenfunctie.	Toepassen erosiebestendige en weinig doorlatende klei in het buitentalud. Bij opsluiting van sterk waterdoorlatende lagen in de kade (zandonderbouw weg) een drainage toepassen. Indien noodzakelijk constructieve elementen inbouwen bij te grote doorlatendheid.	Een op de belastingsituatie afgestemde betuiming of beschoeiing toepassen.	Uitsluitend maaibeheer. Bij ophoogwerkzaamheden letten op insluiting van drainerende lagen.
Type 5 - laag	Hydraulische belasting laag Infrastructurele nevenfunctie	Toepassen erosiebestendige en weinig doorlatende klei in het buitentalud. Bij opsluiting van sterk waterdoorlatende lagen in de kade (zandonderbouw weg) een drainage toepassen. Indien noodzakelijk constructieve elementen inbouwen bij te grote doorlatendheid.	Geen betuiming of beschoeiing noodzakelijk.	Uitsluitend maaibeheer. Ontwikkeling van oevervegetatie stimuleren. Bij ophoogwerkzaamheden letten op insluiting van drainerende lagen.

### 7.3.4 KADEPROFIEL

De relatief flauw afgewerkte taluds (vanaf 1:3) zijn minder kwetsbaar. Dit is te verklaren doordat de ontstane golven makkelijker over het talud kunnen uitrollen en de taluds eerder begroeid raken. Ook de via het talud afstromende neerslag zal minder snelheid ontwikkelen en dus ook minder erosie in het talud veroorzaken.

Als ook de vorming van een oevervegetatie wenselijk is, is het aan te bevelen om de taluds onder een helling van 1:5 of flauwer af te werken. De ontwikkeling van een oevervegetatie wordt bevorderd als de taludhelling (1:5 of flauwer) ook onder de waterlijn wordt doorgezet. Ook kan er voor het talud een plasberm worden aangebracht.

### 7.3.5 VEGETATIE

Een goed gesloten vegetatie levert een wezenlijke bijdrage aan de bescherming van de kaden. Daarom is een snelle opkomst van de vegetatie van groot belang. Ter bevordering van een snelle opkomst van de vegetatie wordt daarom geadviseerd om bij de uitvoering van reguliere kadeverbeteringen alleen bovengrond (teelaarde) toe te passen of de kaden af te werken met een laag van 0,15 à 0,20 m bovengrond. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de bestaande bovengrond. Deze dient dan voorafgaande aan de verbeteringswerkzaamheden te worden afgezet (nadat de zode is gefreesd) en na ophoging weer in een gelijkmatig dikke laag op de kade te worden verwerkt.

Op ongerijpte grond (of baggerspecie) is een goede en snelle vegetatieontwikkeling problematisch. Het toepassen van uit de onderlagen gewonnen grond of baggerspecie is mogelijk als de grond aan de te stellen voorwaarden voldoet en de bodemvormende processen hebben kunnen plaatsvinden (voldoende gerijpte grond). Dit betekent in de praktijk dat de uit de ondergrond gewonnen grond veelal gedurende (minimaal) een jaar voldoende moet zijn belucht en dus met regelmaat moet zijn omgezet, voordat deze in de kaden kan worden toegepast.

De ontwikkeling van een nieuwe oevervegetatie kost relatief veel tijd. Zeker omdat een kade in de eerste jaren na uitvoering van onderhoudswerkzaamheden het meest kwetsbaar is, verdient het de aanbeveling om bestaande oevervegetaties, hoe smal dan ook, te handhaven. Dit biedt een goede basis voor een snelle ontwikkeling van een dichte en beschermende oevervegetatie.

FIGUUR 7.4 SIGNIFICANTIE VERSCHILLEN IN DE ONTWIKKELING VAN DE VEGETATIE



KLEIKADE VAK 2, 02-11-2004



DOESPOLDERKADE VAK 8, 02-11-2004



## 7.4 BEHEER EN ONDERHOUD

### 7.4.1 ONDERHOUDSINTENSITEIT

Handhaving van een veilige situatie, en dus een afdoende bescherming van het achterland, is de basis voor de uit te voeren beheertaken op boezemkaden. In dit kader zullen incidenteel grootschalige herstelwerkzaamheden en periodiek uit te voeren onderhoudswerkzaamheden verricht moeten worden. De frequentie voor uitvoering van (grootschalige) herstelwerkzaamheden blijkt onder andere sterk afhankelijk te zijn van de zettingsgevoeligheid van de ondergrond, en kan uiteenlopen van 5 tot 10 jaar in de veengebieden oplopend naar 15 tot 25 jaar in kleigebieden. Uit een met regelmaat uit te voeren toetsing en beoordeling van de boezemkaden moet blijken of de kaden nog aan de in de keur beschreven criteria voldoen en of er herstelmaatregelen zullen moeten worden uitgevoerd.

### 7.4.2 AANDACHTSPUNTEN VOOR HET BEHEER EN ONDERHOUD

Gebaseerd op de uit de monitoring verkregen informatie zijn enkele specifieke aandachtspunten geformuleerd die voor het (dagelijks) beheer en onderhoud op de boezemkaden.

Een adequaat beheer van de vegetatie en de vorming van een gesloten vegetatiedek is van groot belang om de beschreven erosieprocessen tegen te gaan. Vormen van een goed beheer zijn het regelmatig maaien van de kaden of beweiding door schapen.

De relatief vers opgebrachte kleigrond is, zeker onder vochtige weers- en terreinomstandigheden, nog weinig draagkrachtig. Het beweiden van de kaden is in het eerste jaar / de eerste jaren niet wenselijk, omdat het vee door vertrapping de vlakheid ernstig kan verstoren. Door vertrapping in de taluds is de kans op erosie vele malen groter dan bij een niet verstoord talud. Om vertrapping van de taluds aan de waterlijn te voorkomen, dient op het buitentalud beweiding met grootvee (rundvee en paarden) altijd voorkomen te worden. Beweiding met schapen levert doorgaans geen problemen op. Wel wordt geadviseerd om pas na een jaar beweiding met schapen toe te staan. In het eerste jaar dient daarom een maaibeheer te worden gevoerd.

Omdat vele kaden niet in eigendom zijn van de beheerder, moet worden gezocht naar voor de eigenaren werkbare afspraken. Regels voor beweiding met grootvee kunnen in alle gevallen in de Keur worden vastgelegd.

FIGUUR 7.5 SCHADE ALS GEVOLG VAN VERTRAPPING



KLEIKADE VAK 1, 02-11-2004



KLEIKADE VAK 4, 02-11-2004



Om beschadiging van het talud tegen te gaan, verdient het de aanbeveling de onderwater taludlijn (ontwerplijn) te handhaven. Voorkomen moet worden dat er door het schonen van de watergang met een maaiboot of een hydraulische kraan (met maaikorf) een kwetsbare steilrand wordt gecreëerd. Ook wordt geadviseerd om waar mogelijk de oevervegetatie te handhaven. Deze oevervegetatie beschermt het talud en verkleint daarmee de kans op erosie aan het buitentalud.

Voorkomen moet worden dat een dikke laag maaresten (op het talud) achterblijft, waardoor ander bodemleven (zoals woelmuizen) wordt aangetrokken. Dit leidt tot een verhoogde graafactiviteit en dus een toename aan gangenstelsels en poriën in het kadeprofiel. Als de vegeta-tieresten lang blijven liggen, zal ook de onderliggende vegetatie door verrotting afsterven. Voor handhaving van een gesloten vegetatie en een stevig kadeprofiel dient het maaisel dat tijdens maaiwerkzaamheden en het schonen van de waterloop vrijkomt te worden afgevoerd of op een minder kwetsbare plek te worden achtergelaten.



## BIJLAGE 1

## BEOORDELINGSTABELLEN KLEIKADE

## Waarnemingen Kleikade

datum	vegetatie (buitentalud)	betuining	vooroever	buitentalud	kruin
<b>vak 1 erosiebestendige klei zonder vooroever</b>					
8-9-2004	r3 net ingezaaid	nvt	nvt	r2 -	r2 -
24-9-2004	r3 matige ontwikkeling grasmat	nvt	nvt	r2 zeer plaatselijk geringe aantasting	r2 enige vertrapping door vee
30-9-2004	r3 -	nvt	nvt	r2 erosie van getraceerde klei	r2 vertrap
12-10-2004	r3 minimaal begroeid	nvt	nvt	r2 afkalving, klein steilrandje	r2 redelijk stevig, enige vertrapping
2-11-2004	r3 matige grasbezetting	nvt	nvt	r2 klein steilrandje	r2 vertrapping
23-11-2004	r3 weinig grasontwikkeling	nvt	nvt	r3 afkalving op waterlijn tot 0,05m	r2 veel koepootindrukken
21-12-2004	r3 -	nvt	nvt	r3 insnijding in taludlijn 0,05 m	r2 sterk vertrap
1-2-2005	r3 door vertrapping minder grasontwikkeling	nvt	nvt	r3 afslag op waterlijn	r2 matig stevig, plassen in pootindrukken
16-3-2005	r4 nauwelijks begroeid	nvt	nvt	r3 afkalving, steilrandje 0,1m	r2 kuilig door vertrapping
19-4-2005	r4 begin grasontwikkeling	nvt	nvt	r3 afkalving, steilrandje 0,1m	r2 -
2-8-2005	r3 60% gras/kruiden	nvt	nvt	r3 afkalving onder waterlijn tot 0,05-0,10m	r2 sterk oneffen door pootindrukken
29-9-2005	r1 zeer veel kruiden en gras	nvt	nvt	r3 erosie op waterlijn tot ca. 0,05 m	r2 kuilig door vertrapping
10-4-2006	r4 weinig begroeiing direct boven waterspiegel	nvt	nvt	r3 inkalving op waterlijn tot 0,02-0,04 m diep	r2 diepe pootindrukken
5-7-2006	r4 -	nvt	nvt	r3 inkalving op waterlijn tot 0,02-0,05 m diep	r2 overal lang gras
13-10-2006	r1 veel rietgrassen	nvt	nvt	r4 erosie tot 0,05-0,10 m in talud	r2 ongelijke vlakteligging door vertrapping
5-1-2007	r4 buitentalud kaalgetrokken	nvt	nvt	r4 erosie tot 0,09 m in talud	r2 onregelmatige vlakteligging
8-3-2007	r4 5% begroeiing	nvt	nvt	r4 0,05-0,10 m erosie	r2 veel vertrapping
12-6-2007	r1 veel biezen	nvt	nvt	r4 erosie 0,05-0,10 m diep	r2 -
<b>vak 2 weinig erosiebestendig, extra zandige klei, zonder vooroever</b>					
8-9-2004	r3 -	nvt	nvt	r2 verspoeling	r2 -
24-9-2004	r3 matige ontwikkeling grasmat	nvt	nvt	r1 geen schade waarneembaar	r2 -
30-9-2004	r3 -	nvt	nvt	r2 zwakke erosie zandig materiaal	r2 enige vertrapping
12-10-2004	r3 open grasmat	nvt	nvt	r1 geen afkalving zichtbaar	r2 -
2-11-2004	r4 nauwelijks begroeid	nvt	nvt	r2 minimale afkalving op waterlijn	r2 vertrapping door vee
23-11-2004	r4 nauwelijks gras	nvt	nvt	r2 plaatselijk uitspoeling	r2 veel koepootindrukken
21-12-2004	r4 -	nvt	nvt	r3 tot 0,10 boven waterlijn erosie	r2 -
1-2-2005	r4 geen gras	nvt	nvt	r3 erosie, plaatselijksteilrandjes 0,15-0,2m afkalving	r2 matig stevig
16-3-2005	r3 nauwelijks begroeid	nvt	nvt	r3 afkalving op waterlijn	r2 vertrapping door vee
19-4-2005	r3 achterblijvende grasontwikkeling	nvt	nvt	r3 afkalving op waterlijn, steilrandje 0,10-0,15 m	r2 -
2-8-2005	r3 30% begroeiing	nvt	nvt	r3 steilrandje tot 0,10 m	r2 vertrapping, stevig
29-9-2005	r2 40-50% begroeiing	nvt	nvt	r3 zie schets	r2 kuilig
10-4-2006	r2 enkele graspolletjes	nvt	nvt	r3 veelal steilrandje thv waterlijn	r1 minder diepkuilig
5-7-2006	r2 verdrogend gras	nvt	nvt	r3 erosiesteilrand (0,02 m diep)	r1 hoog gras
13-10-2006	r2 kort laag gras	nvt	nvt	r3 erosie tot achter palenlijn	r1 hoog gras
5-1-2007	r1 60-80% begroeiing	nvt	nvt	r3 plaatselijk erosie op waterlijn	r2 onregelmatige vlakteligging
8-3-2007	r1 30-80% begroeiing	nvt	nvt	r3 erosie tot 0,05 m op plekken zonder begroeiing	r1 stevig
12-6-2007	r1 buitentalud is dichtgegroeid	nvt	nvt	r3 onregelmatige waterlijn	r1 vrij zandig materiaal met rietresten
<b>vak 3 standaard klei, zonder vooroever</b>					
8-9-2004	r3 net ingezaaid	nvt	nvt	r1 geen schade	r2 -
24-9-2004	r3 matige ontwikkeling	nvt	nvt	r2 geringe aantasting op waterlijn	r2 enige vertrapping
30-9-2004	r3 -	nvt	nvt	r2 geringe erosie	r2 -
12-10-2004	r3 nauwelijks begroeiing	nvt	nvt	r2 lichte afkalving	r2 vertrapping
2-11-2004	r3 geringe grasbezetting	nvt	nvt	r2 lichte afkalving	r2 vertrapping
23-11-2004	r3 weinig gras	nvt	nvt	r2 taluderosie	r2 vertrapping
21-12-2004	r4 -	nvt	nvt	r2 afkalving van kleibrokken	r2 vertrapping
1-2-2005	r4 geen gras	nvt	nvt	r2 plaatselijk steilrandje	r2 zeer nat, matig stevig
16-3-2005	r3 matige ontwikkeling	nvt	nvt	r2 afkalving op waterlijn, steilrand 0,50-0,10 m	r2 -
19-4-2005	r3 -	nvt	nvt	r2 afkalving op waterlijn, steilrand 0,10-0,15m	r2 vrij stevig, iets verslemt
2-8-2005	r3 25% begroeiing	nvt	nvt	r2 erosie uit talud (uithollend effect)	r2 veel pootindrukken
29-9-2005	r2 40% begroeiing	nvt	nvt	r2 -	r1 stevig
10-4-2006	r2 grof gemaaid riet	nvt	nvt	r2 steilrandje tot 0,01 m diep	r2 sterk kuilig
5-7-2006	r1 veel riet	nvt	nvt	r2 steilrand tot ca. 0,02 m diepte	r1 lang gras en dor gras
13-10-2006	r1 hoog opgaand riet	nvt	nvt	r2 grillige erosie tot max. 0,05 m	r1 iets rond, aflopend stevig profiel
5-1-2007	r1 60% begroeiing	nvt	nvt	r2 vrij veel hopen	r1 -
8-3-2007	r2 20-40% begroeiing	nvt	nvt	r2 erosie tot 0,05 m onder de waterlijn	r1 stevig, kuilig
12-6-2007	r1 dichtgegroeid	nvt	nvt	r2 erosie tot 0,05 m onder de waterlijn	r1 vrij kale strook door onderhoud

datum	vegetatie (buitentalud)	betuining	vooroever	buitentalud	kruin
<b>vak 4</b> weinig erosiebestendige klei met vooroever					
8-9-2004	r3 net ingezaaid	nvt	r1 -	r1 geen schade	r2 -
24-9-2004	r3 matige ontwikkeling	nvt	r1 -	r1 enige vertrapping	r2 enige vertrapping
30-9-2004	r3 -	nvt	r1 geen aantasting	r1 -	r2 enige verslapping
12-10-2004	r3 matige grasbezetting	nvt	r1 -	r1 vertrapping	r2 matige draagkracht
2-11-2004	r3 matige grasbezetting	nvt	r1 -	r1 -	r2 -
23-11-2004	r3 -	nvt	r1 -	r1 sterke vertrapping	r2 vertrap, weinig grasgroei
21-12-2004	r3 -	nvt	r1 geen aantasting	r1 sterke vertrapping	r2 -
1-2-2005	r3 matige grasontwikkeling	nvt	r1 goed intact	r1 sterke vertrapping	r2 matig stevig
16-3-2005	r3 20-30% dekking	nvt	r1 -	r1 vertrapping	r2 kale delen iets slempig
19-4-2005	r3 -	nvt	r1 oevervegetatie in opkomst	r1 vertrapping	r2 -
2-8-2005	r2 -	nvt	r1 intact	r1 vertrapping	r2 veel pootindrukken
29-9-2005	r1 -	nvt	r1 intact	r1 vertrapping	r2 poot indrukken
10-4-2006	r1 gemaaid, veel rietresten	nvt	r2 sterk vertrap	r1 geen erosie	r2 sterk kuilig
5-7-2006	r1 rietontwikkeling in het water	nvt	r2 erosie tot 0,05-0,10 m	r1 -	r1 erg lang gras
13-10-2006	r1 goede rietgroei in het water	nvt	r3 erosie tot 0,05-0,15 m	r1 ruw oneffen oppervlak	r1 -
5-1-2007	r1 vooroever gemaaid	nvt	r3 onregelmatig lengteprofiel	r1 talud ligt onder gemaaid riet	r2 oneffen oppervlak
8-3-2007	r1 100% begroeid	nvt	r3 drassig	r1 veel rietmaaisel	r2 nat, kuilig, stevig
12-6-2007					
<b>vak 5</b> standaard klei, met vooroever					
8-9-2004	r3 -	nvt	r1 -	r1 -	r2 -
24-9-2004	r3 matige ontwikkeling grasmat	nvt	r1 -	r1 enige vertrapping	r2 enige vertrapping
30-9-2004	r3 -	nvt	r1 geen aantasting	r1 geen aantasting	r2 -
12-10-2004	r3 minimale grasbezetting	nvt	r1 -	r1 vertrapping	r2 redelijke draagkracht
2-11-2004	r2 matige grasbezetting	nvt	r1 -	r1 -	r2 -
23-11-2004	r2 -	nvt	r1 -	r1 sterk vertrap	r2 sterke vertrapping
21-12-2004	r2 -	nvt	r1 -	r1 sterk vertrap	r2 sterke vertrapping
1-2-2005	r2 matige grasontwikkeling	nvt	r1 goed intact	r1 sterk vertrap	r2 -
16-3-2005	r2 20-30% dekking	nvt	r1 -	r1 beschadiging door vertrapping	r2 -
19-4-2005	r2 redelijke ontwikkeling	nvt	r1 oevervegetatie in opkomst	r1 vertrapping, geen aantasting	r2 -
2-8-2005	r1 gras geelgroen	nvt	r2 plaatselijk iets vertrap	r1 vertrapping	r2 pootindrukken
29-9-2005	r1 rond insteek gras geelgroen	nvt	r1 intact	r1 diepe pootindrukken	r2 -
10-4-2006	r2 gemaaid, veel rietresten	nvt	r2 sterk vertrap	r1 sterk vertrap, diepe kuilen	r2 kuilig
5-7-2006	r1 veel rietgroei	nvt	r2 plaatselijk afslag	r1 veel dood riet en gras	r1 lang gras
13-10-2006	r1 goede rietgroei in het water	nvt	r2 plaatselijk iets weggeslagen	r1 kuilig	r1 -
5-1-2007	r1 gemaaid riet op de kant	nvt	r2 bultig oppervlak	r2 erosie tot 0,05-0,10 m	r2 oneffen maaiveld, holle plekken
8-3-2007	r1 -	nvt	r2 erosie in oever tot 0,1 m	r2 -	r2 onregelmatig, nat, slempig
12-6-2007					

Staafdiagrammen kleikade







BIJLAGE 2

# BEOORDELINGSTABELLEN DOESPOLDERKADE

## Waarnemingen Doespolderkade

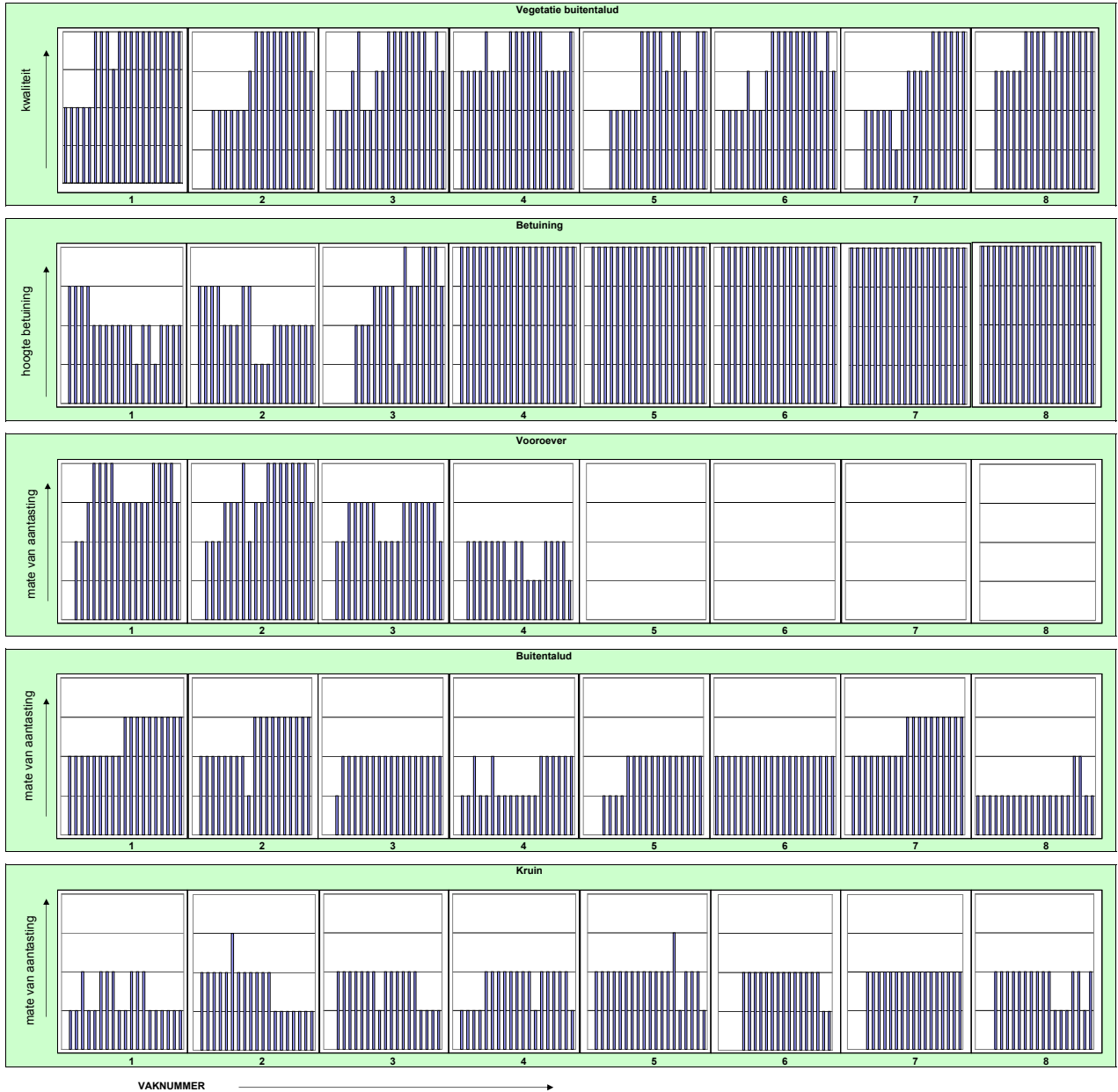
datum	vegetatie (buitentalud)	betuining	vooroever	buitentalud	kruin
<b>Vak 1 standaard klei met vooroever</b>					
10-8-2004	r3 ingezaaid	r2 in aanleg	r2 niet aangebracht	r2 riet	r1 riet
2-9-2004	r3 zeer open, grasontwikkeling	r2 waterlijn	r2 net aangebracht	r2 lichte aantasting	r1 ingedroogd
24-9-2004	r3 -	r2 -	r2 enige aantasting	r2 -	r1 -
8-10-2004	r3 redelijk	r2 -	r2 -	r2 lichte scheurvorming	r2 zwakke scheurvorming
2-11-2004	r3 open en kale plekken	r2 iets ingezakt	r3 gedeeltelijk weggeslagen	r2 plaatselijk steilrandje	r1 stevig, vast
23-11-2004	r1 goed ontwikkeld, 70% grasbedekking	r3 waterlijn	r4 grotendeels weggeslagen	r2 diepe scheurvorming, erosie van grove structuur	r1 stevig, vast
21-12-2004	r1 vorst	r3 -	r4 grotendeels weggeslagen	r2 erosie	r2 enkele dwarsscheuren, kuilig
1-2-2005	r1 -	r3 -	r4 veel afslag	r2 grove langsscheuren, erosie van grove structuur	r2 -
16-3-2005	r2 40-50% grasbedekking	r3 deels onder waterlijn	r4 tot 80-90% weggeslagen	r2 -	r2 iets verslemt
1-6-2005	r1 begint gesloten te raken	r3 op waterlijn	r3 aangevuld/50% weggeslagen	r2 geen aantasting	r1 70% vegetatie
2-8-2005	r1 60-70% grasbedekking	r3 -	r3 deels weggeslagen	r3 deels afkalving, erosie van grove structuurdelen	r1 dicht oppervlak
28-9-2005	r1 70% grasbedekking	r3 plaatselijk onder waterlijn	r3 deels weggeslagen	r3 erosie van grove structuurdelen	r2 deels door maaien beschadigd
2-2-2006	r1 -	r4 onder waterlijn	r3 grotendeels weggeslagen	r3 deels afkalving	r2 beschadigd door klepelen
13-4-2006	r1 voorland eerste 10 m riet	r3 takkenrij plaatselijk onder wtr	r3 grotendeels weggeslagen	r3 boven in steek plaatselijk kaal	r2 stevig, zwak kuilig, plaatselijk hol en verslemt
7-7-2006	r1 veel kruiden en lang gras	r3 takken 0,05 m onder wtr	r3 deels dichtgroei met riet, deels weggeslagen	r3 aantasting, gemiddeld 0,15 diep	r1 stevig, droog, slempig oppervlak
16-10-2006	r1 vooroever dicht met bladriet	r4 takken onder water	r4 vooroever deels weggeslagen	r3 plaatselijk 0,10-0,25 erosie op waterlijn	r1 licht kuilig, stevig
23-12-2006	r1 vooroever overwegend geknakt geel stengelriet	r3 takken plaatselijk 0,05-0,10 m onder wtr	r4 deels riet, deels weggeslagen	r3 plaatselijk sterke erosie buitentalud tot 0,15-0,3	r1 stevig, wat holle mat
13-03-2007	r1 70% begroeid	r3 takken plaatselijk 0,05-0,10 m onder wtr	r4 grotendeels weggeslagen	r3 -	r1 kuilig, stevig slemp
13-06-2007	r1 70% begroeid	r3 takken plaatselijk onder water	r4 -	r3 plaatselijk erosie	r1 kuilig, stevig
2-10-2007	r1 60% begroeiing	r3 matig	r3 verlanding door rietaanwas	r3 veelal erosie tot 0,10 à 0,25 m	r1 kuilig, stevig
<b>Vak 2 weinig erosiebestendigeextra zandige klei met vooroever</b>					
10-8-2004	-	-	-	-	-
2-9-2004	- ingezaaid	r2 palenrij geplaatst	-	r2 scheurvorming in lengterichting	r2 verspoeling zanddeeltjes
24-9-2004	-	r2 op waterlijn	r2 vooroever aangebracht	r2 enige uitspoeling	r2 -
8-10-2004	r3 matige grasontwikkeling	r2 -	r2 enige aantasting	r2 scheurvorming	r2 erg slempig
2-11-2004	r3 minimale grasontwikkeling	r2 -	r2 -	r2 scheurvorming, geringe uitsp. zand	r2 -
23-11-2004	r3 20% begroeiing buitentalud	r3 gedeeltelijk onder waterlijn	r3 plaatselijk weggeslagen	r2 langsscheuring, inzakkingen	r2 stevig verslemt, kuilig
21-12-2004	r3 -	r3 -	r3 enkele langsscheuren	r2 meerdere scheurtjes	r3 plaatselijk langsscheuren
1-2-2005	r3 -	r3 -	r3 afslag direct achter palenrij	r2 langsscheuren, nazakkingen	r2 verslemt
16-3-2005	r3 10-20% begroeiing buitentalud	r2 op waterlijn	r4 20-50% weggeslagen	r2 lengtescheur	r2 verslemt
1-6-2005	r2 -	r2 op waterlijn	r2 aangevuld/20% weggeslagen	r1 geen aantasting	r2 open plekken door verslemping
2-8-2005	r1 90% grasbedekking	r4 onder waterlijn	r3 grote happen verdwenen	r3 plaatselijk afslag	r2 -
28-9-2005	r1 veel kruiden, lang gras	r4 -	r3 -	r3 plaatselijk afslag	r2 iets maaischade
2-2-2006	r1 zode op in steek plaatselijk beschadigd door maaiwerk	r4 onder waterlijn	r4 50% weggeslagen	r3 plaatselijk afslag	r2 -
13-4-2006	r1 voorland plaatselijk begroeiing tot en in palenrij	r3 takken plaatselijk onder wtr	r4 sterk geërodeerd	r3 weinig begroeiing	r1 stevig, licht kuilig
7-7-2006	r1 vooroever veel gras en kruiden	r3 -	r4 begroeiing ontbreekt plaatselijk	r3 erosie tot 0,15 m diep	r1 verslemt oppervlak
16-10-2006	r1 vooroever wisselende begroeiing met gras	r3 takken voor de helft onder wtr	r4 plaatselijk weggeslagen	r3 plaatselijk 0,10 m uit talud weggeërodeerd	r1 licht holle mat
23-12-2006	r1 vooroever: riet en gras	r3 takken plaatselijk onder wtr	r4 plaatselijk weggeërodeerd	r3 plaatselijk sterke aantasting	r1 licht holle mat
13-03-2007	r1 60-70% begroeiing	r3 takken plaatselijk onder wtr	r4 plaatselijk weggeërodeerd	r3 plaatselijk sterke aantasting	r1 stevig, licht kuilig
13-06-2007	r1 70% begroeiing	r3 takken plaatselijk onder wtr	r4 -	r3 -	r1 stevig
2-10-2007	r2 50% begroeid	r3 matig	r3 verlanding met rietaanwas	r3 erosie tot 0,05 à 0,12 m	r1 stevig, licht kuilig
<b>Vak 3 weinig erosiebestendig met vooroever</b>					
10-8-2004	-	-	-	-	-
2-9-2004	r3 in opkomst	-	r2 nog niet aangebracht	r1 enige afkalving	-
24-9-2004	r3 minimale grasontwikkeling	-	r2 aangebracht	r1 aangevuld, losse laag	-
8-10-2004	r3 matige grasontwikkeling	-	r2 enige erosie	r2 geen aantasting	r2 enige uitspoeling van zand
2-11-2004	r2 minimale grasontwikkeling, hoog kruidendek	-	r3 plaatselijk weggeslagen	r2 lichte dwarsscheurtjes	r2 iets verslemt
23-11-2004	r1 50% grasbedekking, 20% kruiden	r3 gedeeltelijk onder waterlijn	r3 plaatselijk weggeslagen	r2 -	r2 iets verslemt
21-12-2004	r3 10% grasbedekking door verslemping	r3 -	r3 plaatselijk weggeslagen	r2 langsscheuren, scheurvorming, verslemping	r2 stevig verslemt, kuilig
1-2-2005	r3 gras ontwikkelt zich nog niet	r3 -	r3 verslagen	r2 weinig scheurvorming, ontmenging zanddeeltjes	r2 -
16-3-2005	r2 10-40% grasontwikkeling	r2 op waterlijn	r3 weggeslagen 10-30%	r2 -	r2 slemp
1-6-2005	r2 -	r2 op waterlijn	r3 weggeslagen 10-30%	r2 enkele scheuren	r2 verslemt
2-8-2005	r1 405 grasontwikkeling	r2 -	r2 aangevuld	r2 enkele scheuren, slemp	r1 dichte vegetatie
28-9-2005	r1 buitentalud deels kaalgemaaid	r2 -	r2 deels weggeslagen	r2 plaatselijk geërodeerd	r2 -
2-2-2006	r1 buitentalud deels beschadigd door maaien	r4 5cm onder waterlijn	r2 weggeslagen 25-30%	r2 plaatselijke verzakking	r2 verslempde kale plekken
13-4-2006	r1 voorland plaatselijk wat riet	r1 takken grotendeels boven wtr	r3 voorland circa 50% weggeslagen	r2 -	r2 stevig, plaatselijk maaischade, pootindrukken
7-7-2006	r1 vooroever uitbreiding zode	r2 takken plaatselijk te diep	r3 deels dichtgroei, deels weggeslagen	r2 plaatselijk erosie tot 0,10 m onder de zode	r2 enkele dwarsscheuren
16-10-2006	r1 vooroever riet en gras	r2 takken boven en onder wtr	r3 -	r2 onregelmatige taludlijn	r2 -
23-12-2006	r1 vooroever riet en gras	r1 takken overwegend boven wtr	r3 groot deel weggeslagen	r2 stevige, ongelijke taludlijn, plaatselijk erosie	r1 stevig, iets rondliggend
13-03-2007	r2 50% begroeid	r1 takken overwegend boven wtr	r3 veel weggeslagen	r2 plaatselijk erosie tot 0,10 m onder de zode	r1 stevig, lichtkuilig
13-06-2007	r1 80% begroeid	r1 takken overwegend boven wtr	r3 -	r2 plaatselijk erosie tot 0,15 m in talud	r1 stevig
2-10-2007	r2 50% begroeid	r2 matig tot goed	r2 verlanding door aanwas riet	r2 kuilig	r1 stevig, kuilig

datum	vegetatie (buitentalud)	betuining	vooroever	buitentalud	kruin
<b>vak 4 erosiebestendig met vooroever</b>					
10-8-2004	-	-	-	-	-
2-9-2004	r2 redelijke kruidenvegetatie	r1 boven waterlijn	aangevuld tot 0,2 m boven waterlijn	r1 geen aantasting	r1 stevig
24-9-2004	r2 -	r1 -	r2 enige aantasting	r1 -	r1 -
8-10-2004	r2 veel gras en kruiden	r1 -	r2 plaatselijk weggeslagen	r2 beginnende scheurvorming	r1 -
2-11-2004	r2 open vegetatie, veel koolzaad	r1 -	r2 beperkte aantasting	r1 geen aantasting	r1 -
23-11-2004	r1 70-80% begroeiing	r1 -	r2 lichte afslag	r1 -	r2 kuilig, slemp
21-12-2004	r2 vorst	r1 -	r2 scheurvorming, ongelijke ligging	r2 onregelmatig	r2 -
1-2-2005	r2 -	r1 -	r2 plaatselijk weggeslagen	r1 verslemt	r2 -
16-3-2005	r2 40% begroeiing	r1 boven waterlijn, goede bescherming	r2 aantasting 1-10%	r1 geen aantasting	r2 -
1-6-2005	r1 dichte begroeiing	r1 net boven waterlijn	r1 aangevuld met specie	r1 geen aantasting	r2 -
2-8-2005	r1 lang gras	r1 -	r2 plaatselijke afslag, enkele diepe gaten	r1 -	r2 -
28-9-2005	r1 goede begroeiing	r1 -	r2 -	r1 -	r2 -
2-2-2006	r1 veel afgestorven plantenresten	r1 boven waterlijn	r1 vrijwel geen aantasting	r1 geen aantasting	r2 -
13-4-2006	r1 -	r1 takken overwegend hoog	r1 goed beloopbaar	r1 -	r1 stevig
7-7-2006	r1 gras en distels	r1 -	r1 groeit dicht	r2 scheurvorming, verder geen aantasting	r2 oneffen oppervlak en scheurvorming
16-10-2006	r2 vrij kaal, veel dood gras	r1 takken boven water	r2 schade door op land getrokken boten	r2 bovenin vrij kaal	r2 -
23-12-2006	r2 kaal, dor intensieve begrazing/vertrapping door schaper	r1 takken voldoende hoog	r2 sterk vertrap, plaatselijk erosie	r2 vertrap, kaal, kuilig	r2 vochtig, vertrap
13-03-2007	r2 20% opkomend gras	r1 boven waterspiegel	r2 sterk vertrap, plaatselijk erosie	r2 -	r2 scheurtjes
13-06-2007	r2 50% begroeid	r1 boven waterspiegel	r2 -	r2 onregelmatig, kuilig, plaatselijk aantasting	r2 beginnende scheurvorming
2-10-2007	r1 70% begroeid	r1 goed aansluitend	r1 grotendeels dichtgegroeid	r2 aantasting door poten van koeien	r1 glad, stevig, looppad vee
<b>vak 5 erosiebestendig met beschoeiing</b>					
10-8-2004	-	geen	nvt	volledige afkalving	-
2-9-2004	-	r1 beschoeiing is geplaatst	nvt	(los) aangevuld	r2 krimpscheuren
24-9-2004	-	r1 -	nvt	-	r2 -
8-10-2004	goede opkomst	r1 -	nvt	r1 scheurvorming	r2 -
2-11-2004	r3 minimale begroeiing	r1 -	nvt	r1 enige vertrapping, min. aantasting	r2 -
23-11-2004	r3 20% begroeiing	r1 -	nvt	r1 verzakkingen, scheurvorming	r2 geringe vertrapping, kuilig
21-12-2004	r3 vorst	r1 -	nvt	r1 -	r2 -
1-2-2005	r3 -	r1 ok	nvt	r2 lichte afslag	r2 sterk kuilig
16-3-2005	r3 10-15% begroeiing	r1 ok	nvt	r2 iets afkalving	r2 -
1-6-2005	r1 vrij dichte vegetatie	r1 ok	nvt	r2 -	r2 -
2-8-2005	r1 zeer lang gras	r1 -	nvt	r2 0,05-0,15 m weggeërodeerd	r2 -
28-9-2005	r1 dichtgegroeid	r1 -	nvt	r2 -	r2 kuilig
2-2-2006	r1 -	r1 palen 5 cm boven water	nvt	r2 boven betuining is grond weggeslagen	r2 -
13-4-2006	r2 buitentalud veel maaisel/verdord gras	r1 -	nvt	r2 plaatselijk 0,01-0,02 m erosie	r2 hobbelig
7-7-2006	r1 buitentalud dichtgegroeid	r1 -	nvt	r2 erosie 0,02-0,05 achter betuining	r3 sterke scheurvorming (tot 0,04 m)
16-10-2006	r1 buitentalud hoge plantbegroeiing	r1 palen 15 cm boven water	nvt	r2 onregelmatig talud	r1 kuilig, stevig
23-12-2006	r2 buitentalud vertrap met nog 30% gras	r1 -	nvt	r2 dichtgroeit met overwegend lang gras	r2 onregelmatig oppervlak
13-03-2007	r3 vrij kaal, 10% begroeiing	r1 -	nvt	r2 erosie 0,04-0,08 m	r2 kuilig, vertrapping door schapen
13-06-2007	r1 60% begroeiing	r1 -	nvt	r2 onregelmatig, sterk scheurvorming	r2 kuilig, lichte scheurvorming
2-10-2007	r1 80% begroeiing	r1 -	nvt	r2 plaatselijk erosie	r1 kuilig, veepad
<b>vak 6 weinig erosiebestendige klei met beschoeiing</b>					
10-8-2004	-	beschoeiing is geplaatst	nvt	r2 beperkte scheurvorming	plastisch
2-9-2004	r3 opkomende vegetatie	r1 -	nvt	r2 minimale verspoeling	-
24-9-2004	r3 -	r1 -	nvt	r2 -	-
8-10-2004	r3 redelijk tot goede aanslag	r1 -	nvt	r2 -	-
2-11-2004	r3 zeer open vegetatie	r1 -	nvt	r2 minimale afkalving	r2 vertrapping door vee
23-11-2004	r2 50% begroeiing	r1 -	nvt	r2 lichte afslag achter beschoeiing	r2 -
21-12-2004	r3 vorst	r1 ok	nvt	r2 nauwelijks scheurvorming	r2 -
1-2-2005	r3 -	r1 -	nvt	r2 plaatselijk afslag	r2 -
16-3-2005	r2 20-40% begroeiing	r1 ok	nvt	r2 weinig-geen afkalving	r2 -
1-6-2005	r1 vrij dichte vegetatie	r1 ok	nvt	r2 lichte afkalving	r2 -
2-8-2005	r1 veel grasbegroeiing	r1 -	nvt	r2 0,05-0,10 m weggeërodeerd	r2 -
28-9-2005	r1 dicht gegroeid (80%)	r1 -	nvt	r2 -	r2 -
2-2-2006	r1 veel afgestorven plantenresten	r1 palen 5 cm boven water	nvt	r2 plaatselijk afslag tot 0,10 m	r2 -
13-4-2006	r1 buitentalud goed, vrij dicht begroeid	r1 -	nvt	r2 overwegend erosie tot 0,01-0,05 m diep	r2 -
7-7-2006	r1 buitentalud lang gras	r1 -	nvt	r2 overwegend erosie tot 0,05 m diep	r2 licht hobbelig
16-10-2006	r1 buitentalud 90% begroeid	r1 -	nvt	r2 erosie vlak strookje 0,05 m	r2 stevig, slemp
23-12-2006	r1 buitentalud 90% begroeid	r1 -	nvt	r2 erosie 0,03 m diep	r2 -
13-03-2007	r2 50% begroeid	r1 -	nvt	r2 -	r2 stevig, hol, slemp
13-06-2007	r1 70% begroeid	r1 -	nvt	r2 stevig, hobbels	r1 stevig
2-10-2007	r2 50% begroeid	r1 aantasting paalkoppen	nvt	r2 plaatselijk erosie tot 0,02-0,08 m,	r1 stevig, kuilig, veepad

datum	vegetatie (buitentalud)	betuining	vooreever	buitentalud	kruin
<b>2-10-2007</b>					
<b>vak 7 weinig erosiebestendige extra zandige klei met beschoeiing</b>					
10-8-2004	geen begroeiing	r1 palenrij is geplaatst	nvt	nog geen grond verwerkt	-
2-9-2004	nog geen begroeiing	r1 -	nvt	r2 enkele scheuren	-
24-9-2004	-	r1 -	nvt	r2 -	-
8-10-2004	r3 matige opkomst	r1 -	nvt	r2 lichte scheurvorming	r2 veel sporen a.g.v.betreding
2-11-2004	r3 nauwelijks begroeiing	r1 -	nvt	r2 minimale aantasting talud	r2 lichte verzakkingen
23-11-2004	r3 5% begroeiing	r1 -	nvt	r2 plaatselijk lichte afslag	r2 lichte verzakkingen
21-12-2004	r3 vorst	r1 -	nvt	r2 enkel scheurtje	r2 lichte verzakkingen
1-2-2005	r3 weinig gras	r1 -	nvt	r2 afslag tot 0,15 m	r2 -
16-3-2005	r4 vrijwel onbegroeid	r1 ok	nvt	r2 afslag tot 0,10 m	r2 enige scheurvorming
1-6-2005	r3 zeer open vegetatie	r1 ok	nvt	r2 afslag tot 0,15-0,20	r2 slechte vegetatie agv verslamping
2-8-2005	r2 50% grasbegroeiing, pollig	r1 -	nvt	r3 afslag tot 0,10-0,25	r2 -
28-9-2005	r2 50% begroeiing	r1 -	nvt	r3 -	r2 -
2-2-2006	r2 -	r1 palen 5 cm boven water	nvt	r3 vlakrand van ca. 15 cm is ontstaan	r2 -
13-4-2006	r2 buitentalud vrij kaal oppervlak (20% gras)	r1 -	nvt	r3 overwegend 0,15 m erosie	r2 stevig, licht hobbelig oppervlak
7-7-2006	r1 buitentalud veel arme grassen	r1 -	nvt	r3 tot 0,15-0,25 m achter palenrij vlakstrook	r2 slemp, hard oppervlak
16-10-2006	r1 buitentalud veel lang gras (80%)	r1 -	nvt	r3 erosie vlakrand overwegend 0,10 m breed	r2 -
23-12-2006	r1 buitentalud 70% begroeid met lang gras	r1 -	nvt	r3 erosie 0,08-0,15 m breed	r2 stevig, vertrapt, slemp
13-03-2007	r1 50-70% begroeiing	r1 -	nvt	r3 erosie 0,08-0,15 m breed	r2 stevig, vertrapt, slemp
13-06-2007	r1 60% begroeiing	r1 -	nvt	r3 holen in talud	r2 plaatselijk lichte verzakkingen
2-10-2007	r1 60% begroeiing	r1 -	nvt	r3 plaatselijk erosie tot 0,10-0,20 m	r2 sterk kuilig
<b>vak 8 standaard klei met beschoeiing</b>					
10-8-2004	-	r1 geplaatst	nvt	r1 vrij veel scheurvorming	-
2-9-2004	opkomende vegetatie	r1 -	nvt	r1 enkele scheuren	-
24-9-2004	-	r1 -	nvt	r1 -	-
8-10-2004	r2 redelijke grasontwikkeling	r1 -	nvt	r1 begin van diepere scheuren	r2 begin diepere scheurvorming
2-11-2004	r2 redelijke grasontwikkeling	r1 -	nvt	r1 enkele scheur	r2 enkele scheuren
23-11-2004	r2 50% grasbedekking	r1 -	nvt	r1 lichte afslag, vrij diepe scheurvorming	r2 vrij diepe sporen, kuilig
21-12-2004	r2 40% grasbedekking, pollig	r1 -	nvt	r1 plaatselijk diepe scheuren	r2 enkele scheuren, kuilig
1-2-2005	r2 -	r1 -	nvt	r1 plaatselijk iets afslag	r2 enkele scheuren
16-3-2005	r1 60-70% grasbedekking	r1 ok	nvt	r1 minimale aantasting	r2 -
1-6-2005	r1 dichte bezetting	r1 ok	nvt	r1 lichte afkalving < 5cm	r2 -
2-8-2005	r1 veel grasbegroeiing	r1 ok	nvt	r1 plaatselijk erosie tot 0,10 achter beschoeiing	r2 -
28-9-2005	r1 dichtgegroeid	r1 -	nvt	r1 -	r2 -
2-2-2006	r2 veel afgestorven plantenresten	r1 -	nvt	r1 -	r2 -
13-4-2006	r1 buitentalud sterk ontwikkeld gras	r1 -	nvt	r1 plaatselijk erosie, max. 0,05 m	r1 stevig, kuilig
7-7-2006	r1 buitentalud grovere grassen	r1 0,15 m boven water	nvt	r1 begroeiing tot aan betuining	r1 -
16-10-2006	r1 buitentalud 90% begroeiing	r1 -	nvt	r1 nauwelijks erosie zichtbaar door dichtgroei	r1 iets kuilig, stevig
23-12-2006	r1 lang halfdor gras, veel bladmassa op buitentalud	r1 -	nvt	r2 plaatselijk erosie tot 0,10 m achter beschoeiing	r2 stevig, kuilig, licht vertrapt
13-03-2007	r1 goed begroeid,	r1 -	nvt	r2 plaatselijk erosie tot 0,10 achter beschoeiing	r2 stevig, kuilig, slempig
13-06-2007	r1 70% begroeid	r1 -	nvt	r1 kanten volgegroeid	r1 stevig
2-10-2007	r1 70% begroeid	r1 scheurvorming palen	nvt	r1 plaatselijk wat vertrapt	r2 onregelmatig oppervlak



Staaftdiagrammen Doespolderkade







## BIJLAGE 3

## KWALITEITRICHTLIJNEN

## KLEI VOOR DIJKEN

**'TECHNISCH RAPPORT KLEI' VOOR DIJKEN EN 'LEIDRAAD TOETSEN OP VEILIGHEID'**

De nadruk bij de beoordeling van de grond voor de toepassing in de dijkenbouw ligt tegenwoordig op de toetsing van de erosiebestendigheid van het materiaal. Volgens publicaties van de TAW (zie 'Technisch Rapport Klei voor Dijken' en 'Leidraad toetsen op veiligheid') is de erosiebestendigheid goed te karakteriseren met behulp van de consistentiegrenzen, bepaald aan de hand van de Atterbergse Waarden.

Proefondervindelijk zijn ten behoeve van de dijkenbouw de volgende categorieën te onderscheiden:

- erosiebestendig
- matig erosiebestendig
- weinig erosiebestendig

In tabel 1 zijn de grenswaarden van de drie erosiebestendigheidscategorieën weergegeven.

TABEL 1: OVERZICHT GRENSWAARDEN EROSIEBESTENDIGE KLEI

Erosiebestendigheidscategorie	grenswaarden classificatieproeven 1)
erosiebestendige klei	$W_L \geq 45 \%$ $I_p \geq 0,73 \cdot (W_L - 20)$ Zandgehalte < 40 %
matig erosiebestendige klei	$W_L < 45 \%$ $I_p \geq 18,25 \%$ Zandgehalte < 40 %
weinig erosiebestendige klei	$I_p < 0,73 \cdot (W_L - 20)$ $I_p < 18,25 \%$ Zandgehalte $\geq 40 \%$

1)  $W_L$  = vloeigrens

$I_p$  = plasticiteitsindex

$I_p = 0,73 \cdot (W_L - 20)$  is de zogenaamde A-lijn in het plasticiteitsdiagram

In aanvulling op de indeling naar erosiebestendigheidscategorie moet de te verwerken grond tevens voldoen aan de in tabel 2 aangegeven criteria.

TABEL 2: OVERZICHT ALGEMENE TOETSINGSCRITE-RIA

Omschrijving	Toetsingswaarde
Organische stofgehalte	<5%
Zoutgehalte	>4 g NaCl/l bodemvocht
Watergehalte bij verwerken:	
- deklagen	$I_c \geq 0,75$
- kern (vulmateriaal)	$I_c \geq 0,60$
- kern (waterdicht)	$I_c \geq 0,60$
Kalkgehalte (HCl massaverlies)	< 25%
Visuele kenmerken:	
Geen extreme verkleuringen bij ontgraven of drogen	-
Geen afwijkende sterke geur	-
Algemeen:	
Voorkeur voor voedselarme grond	-

In vergelijking met de oude toetsingscriteria is het lutumgehalte niet meer als keuringcrite-rium opgenomen. De achtergrond hiervan is dat de consistentiegrenzen een betere relatie hebben met het gedrag van klei dan het lutumgehalte.

Het maximaal toelaatbare organische stofgehalte voor erosiebestendige en matig erosiebe-standige klei is gesteld op 5%. Deze eis is opgenomen met het oog op beperking van de krimp. Door afbraak van organisch materiaal kan namelijk een volumevermindering ontstaan. Verder wordt het organische stofgehalte beperkt door de eisen ten aanzien van het waterge-halte (consistentiegrenzen).